

374627



374627

MEMORIA DESCRIPTIVA.

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UNA DISPOSICION AMORTIGUADORA DE VIBRACIONES EN UN APARATO PARA FLUIDOS".

SECCION TECNICA

CLASIFICACION I. P. C.

CLASE F-16

SUBCLASE F

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New-York),
1, River-Road.

Nacionalidad : ESTADOUNIDENSE.

(P. 3.074, A-R).
(Dkt. 13D-4472).

374627



Este invento se refiere a un aparato para flúidos y mas particularmente a medios para amortiguar las vibraciones de flexión de miembros de envolvente de pared delgada usados en ellos.

- 5.- Las empaquetaduras de laberinto son comunmente empleadas en aparatos para flúidos tales como turbomotores de gas, para formar un cierre hidráulico entre los miembros rotativos y estacionario. Tales empaquetaduras comprenden generalmente una pluralidad de dientes circunferenciales espaciados axialmente que se extienden a relación de cierre con una superficie de cierre.

En el caso general, los dientes de cierre son soportados por el miembro rotativo mientras la superficie de cierre es soportada por el miembro estacionario, aunque puede suceder a la inversa. Como el peso es un problema de gran importancia en los turbomotores de gas de aviación, generalmente el miembro rotativo está constringido con pared delgada.

- 15.-
- 20.- En la práctica, se ha encontrado que el pozo o envolvente de pared delgada que soporta los dientes de empaquetadura de laberinto son muy susceptibles a un fenómeno que denominamos en esta memoria, vibración nodal de la flexión, aero-elástica, auto-excitada. Por ejemplo, en algunas configuraciones, han sido observados factores de amplificación del orden de 1.000 a 3.000. Se ha observado también que este fenómeno de vibración se puede poner de manifiesto en cual-
- 25.-

- 3 - 374627



- quier aplicación dada, propagando circunferencialmente ondas de flexión (a veces denominada vibración a modo de campana) propagando axialmente ondas o como combinación de ambas.
- 30.- Este fenómeno potencialmente constructivo de la vibración en elementos de pozo o envolvente de pared delgada que llevan componentes de empaquetadura de laberinto se cree actualmente que es debido a un acoplamiento o coincidencia de fase de las propiedades inherentes a la vibración mecánica del pozo o envolvente de pared delgada y las propiedades acústicas o a la presión de la empaquetadura de laberinto en que una refuerza o amplifica a la otra. En particular, las variaciones circunferenciales en la presión dentro de cada cámara anular formada por los dientes de cierre,
- 35.- así como las variaciones relativas de la presión entre tales cámaras, se experimentan debido a las variaciones de holgura entre los dientes de cierre y la superficie de cierre y a las propiedades resonantes de las cámaras. Tales variaciones en la presión causan correspondientes deflexiones en
- 40.- el miembro de la envolvente o pozo que soporta a los dientes de cierre. Al mismo tiempo, tendrá las características naturales de vibración a la flexión, en las cuales a medida que es girado el miembro de pozo o envolvente, serán generadas ondas de flexión nodales que se propagan circunferencialmente, ondas de flexión nodales que propagan axialmente,
- 45.- una combinación de ellas. Cuando esta flexión mecánica natural, sea axial, circunferencial o de ambas clases, se pone estrechamente en fase con la distorsión circunferencial o axial inducida por la presión, una refuerza a la otra.
- 50.- Esto se traduce en factores de amplificación extremadamente
- 55.-



altos y en amplitudes de desplazamiento que pueden fácilmente producir un fallo por fatiga o un agrietamiento en el miembro de envolvente o soporte componente de la empaquetadura.

60.- Aunque la técnica anterior ha puesto dispositivos en relación con este fenómeno de vibración, tales dispositivos han sido usualmente algo complejos y caros en su naturaleza. Además tales dispositivos han sido generalmente utilizables solo con miembros no rotativos, y no han sido efectivos para impedir la vibración nodal de flexión, aero-elástica, auto-excitada, que se caracteriza por ondas de flexión nodal que se propagan tanto circunferencial como axialmente.

65.- Por consiguiente, un objeto primordial de este invento es proveer medios perfeccionados y simplificados para impedir la vibración nodal de flexión destructiva, aero-elástica, auto-excitada, en los miembros de pared delgada que soportan componentes de la empaquetadura de laberinto.

70.- Otro objeto de este invento es proveer medios para amortiguar la vibración que puede estar caracterizada por ondas de flexión que se propagan axialmente, ondas de flexión que se propagan circunferencialmente, o ambas.

75.- Brevemente expuesto, el presente invento provee un anillo, preferiblemente de sección transversal circular, que está dividido para facilitar la apertura y cierre diametrales del mismo. El anillo está dimensionado para que agarre a fricción y ejerza una presión radial contra el pozo o envolvente por lo cual, la vibración de flexión nodal auto-excitada, aero-elástica, en el pozo o envolvente que se caracteriza por ondas de flexión que se propagan circunferencialmente, por ondas que se propagan axialmente, o por ambas,

80.-

85.-



es impedida por medio del mecanismo de deslizamiento relativo productor de calor entre el anillo y la envolvente. El anillo dividido está colocado preferiblemente en una posición sobre el pozo o envolvente en que se experimentan grandes desplazamientos radiales de manera que la energía disipada sea óptima. Están también previstos medios para retener el anillo sin impedir el deslizamiento relativo entre el anillo y el árbol o envolvente.

90.- De acuerdo con el presente invento se crean en un aparato para flúidos que tiene una empaquetadura de laberinto para reducir la fuga de flúido entre un miembro estacionario y un miembro rotativo de pared delgada, incluyendo dicha empaquetadura medios soportados por uno de dichos miembros para definir al menos una superficie anular de cierre y una pluralidad de dientes axialmente espaciados soportados por el otro de dichos miembros, extendiéndose cada uno de dichos dientes a relación de cierre para el flúido con una de dichas superficies de cierre, medios de amortiguación de vibraciones caracterizados por un anillo dividido para permitir la apertura y cierre diámetros del mismo, estando colocado y dimensionado dicho anillo para que coja circunferencialmente y ejerza una presión radial contra dicho miembro rotativo bajo la acción de la fuerza centrífuga por lo cual, la vibración nodal de flexión, auto-excitada, aero-elástica, destructiva, de dicho miembro rotativo, que puede estar caracterizada por ondas de flexión que se propagan tanto axial como circunferencialmente es impedida por el deslizamiento relativo, productor de calor entre dicho anillo y dicho miembro rotativo.

100.- A continuación va a ser descrito un modo de realiza-

105.-

110.-

115.-



ción del invento a modo de ejemplo solamente y con referencia al dibujo adjunto en el cual:

120.- La figura 1, es una vista parcial en sección que muestra una empaquetadura de laberinto ilustrativa para un turbomotor de gas que emplea los medios perfeccionados de amortiguación de este invento.

La figura 2, es una vista parcial en corte transversal tomada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1.

125.- La figura 3, es una vista esquemática que muestra un modo de vibración nodal de flexión auto-excitada, aero-elástica, en un pozo o envolvente y a la cual se refiere este invento.

130.- La figura 4, es una vista esquemática que muestra otro modo de vibración nodal de flexión auto-excitada, aero-elástica, a la cual se refiere este invento.

La figura 5 es una vista parcial en sección transversal, semejante a la de la figura 1, que muestra aún otra empaquetadura de laberinto de un turbomotor de gas que emplea los medios de amortiguación perfeccionado de este invento.

135.- La figura 6, es una vista agrandada de la ranura de entrada y de los medios de retención de la figura 5.

Se usarán referencias numéricas similares para señalar partes análogas a lo largo de toda la siguiente descripción de los modos de realización preferidos.

140.- Con referencia ahora a la figura 1, se ha mostrado en 10 una empaquetadura de laberinto de un turbomotor de gas dado a título de ejemplo que comprende una pluralidad de dientes 12 espaciados axialmente que se extienden a relación de cierre con una superficie apropiada 14. Los dientes 12, y la superficie de cierre 14 son generalmente anulares y están soportados respectivamente por un miembro de pozo o envolvente de pared delgada 16 y un miembro estacio-



nario apropiado 18 asegurado a la cubierta del motor 19 aunque esta disposición puede ser invertida.

- 150.- El pozo 16 está asegurado por un extremo, tal como en 20, a un disco de compresor o turbina apropiado 22. El disco de compresor o turbina 22 lleva una pluralidad de álabes 24 en su periferia que se extienden a través de un paso anular de fluido 26 definido en parte por la cubierta 19 y por
- 155.- una porción de plataforma de álabe 28.

- La empaquetadura 10 trabaja para reducir al mínimo las fugas de fluido a alta presión desde el paso anular 26 a una cámara 30 definida en parte por el miembro de pozo 16 y por la cubierta del motor 19. Se reconocerá, sin embargo,
- 160.- que habrá algunas fugas de fluido a alta presión desde el paso 26 a través de los pasos de holgura 32, existentes entre la punta de cada diente 12 y su respectiva superficie de cierre 14, a través de las cámaras anulares 34, 36 y 38 que están definidas por los dientes 12, y los miembros 16
- 165.- y 18, a la cámara 30.

- Como se ha mencionado anteriormente, pueden esperarse variaciones de presión circunferencial de fluido dentro de cada cámara anular 34, 36 y 38, así como variaciones de presión relativa entre las cámaras 34, 36 y 38, debidas a va-
- 170.- riaciones de los pasos de holgura y a las frecuencias resonantes acústicas o de presión de las cámaras 34, 36 y 38. Como la presión dentro de cada cámara 34, 36 y 38 actúa contra el miembro 16, las variaciones de presión circunferenciales dentro de tales cámaras causa la distorsión cir-
- 175.- cunferencial del miembro 16. Asimismo, las variaciones de presión relativas entre las cámaras 34, 36 y 38 son corres-



pondidas por distorsiones axiales correspondientes dentro del pozo 16.

- Como se comprenderá, dependiendo de la configuración
- 180.- específica del pozo 16, ya estén una o ambas extremidades rígidamente aseguradas, y de los medios de unión empleados, el pozo 16 puede tener uno o varios modos inherentes de vibración nodal de flexión mecánica natural. El fenómeno a que hacemos aquí referencia como vibración nodal de flexión,
- 185.- auto-excitada, aero-elástica, como se ha mencionado previamente, se cree que ocurre cuando hay acoplamiento o coincidencia de fase entre las distorsiones inducidas por la presión en el miembro 16 y la vibración a la flexión mecánica natural del miembro 16, en que una refuerza y aumenta a la otra. De nuevo, dependiendo de la configuración
- 190.- específica del miembro 16 que soporta el componente de empaquetadura de laberinto, ya estén soportadas una o ambas extremidades del miembro 16, y de los medios de unión empleados, el fenómeno de vibración nodal de flexión auto-
- 195.- excitada, aero-elástica, puede manifestarse en uno o los dos modos de flexión. Uno de tales modos de flexión se ha mostrado esquemáticamente en la figura 3 y está caracterizado por una onda de flexión propagada axialmente indicada por las líneas 40' y 40" que es de un modo general simétrica
- 200.- circunferencialmente en torno al eje de rotación 42 del miembro 16. En este modo de vibración, todos los puntos del miembro 16 en cualquier plano de intersección no nodal que sea normal al eje 42, por ejemplo los puntos 44 y 46, oscilan de un modo radial hacia dentro y hacia fuera al unísono, por ejemplo entre los puntos 44' y 44" y los puntos
- 205.-



46° y 46" . Por consiguiente, una banda incremental circunferencial 48 que conecta los puntos 44 y 46 fluctuaría constantemente en diámetro mientras permanecía concéntrica al eje 42.

- 210.- El otro modo (a veces denominada vibración a modo de campana) en que el miembro 16 puede experimentar vibración nodal de flexión auto-excitada, aero-elástica, ha sido mostrado esquemáticamente en la figura 4 por la onda de flexión que se propaga circunferencialmente 50°, 50". Se observará
- 215.- que en este modo de flexión, y en contraste con el modo de onda que se propaga axialmente de la figura 3, todos los puntos del miembro 16 en un plano de intersección que es normal al eje 42 no oscilarán de un modo radial hacia dentro y hacia fuera al unísono. Por ejemplo mientras que los
- 220.- puntos 52 y 54 diametralmente opuestos se están moviendo radialmente hacia dentro desde los puntos 52' y 54' a los puntos 52" y 54", respectivamente, los puntos 56 y 58 que están desplazados 90° de ellos se están moviendo radialmente hacia fuera desde los puntos 56' y 58' a los puntos 56" y
- 225.- 58" respectivamente. Por consiguiente se observará, que en este modo una banda incremental circunferencial no retiene la forma no excitada del miembro 16.

- Se observará que la flexión caracterizada por una onda que se propaga circunferencialmente ha sido, con fines
- 230.- ilustrativos, muy simplificada y que en una aplicación real tal vibración sería típicamente más compleja porque el número de modos diametrales se incrementaría y tales nodos tenderían a moverse alrededor de la periferia del miembro 16. También, aunque cada modo de flexión ha sido representado
- 235.- independientemente, en las aplicaciones reales ambos



modos estarán generalmente presente al mismo tiempo, predominando uno u otro de los modos.

Con referencia de nuevo a las figuras 1 y 2, y de acuerdo con el presente invento, un anillo 59 dividido preferiblemente metálico, está previsto para amortiguar o impedir la aparición de la vibración nodal de flexión auto-excitada, aero-elástica en el miembro 16 y prevenir con ello los fallos por fatiga de tal miembro de pared delgada. El anillo 59 está formado con extremidades espaciadas circunferencialmente 60 y 61 para permitir la apertura y el cierre diametrales del anillo. Como se muestra en la figura 1 una pestaña 62 dirigida radialmente hacia dentro está prevista para impedir que el anillo 59 se mueva axialmente o "camine" a lo largo del miembro conoidal 16. La pestaña 62 forma una garganta 64, en cooperación con el miembro conoidal 16, en la que puede ser insertado el anillo 59.

El anillo 59 está dimensionado diametralmente, en su estado libre, ligeramente mayor que el diámetro que asumirá cuando esté colocado dentro de la garganta 64 de modo que cuando esté en la garganta 64, cogerá elásticamente y a fricción al miembro 16, como en 66, y ejercerá una presión dirigida generalmente de un modo radial contra el miembro 16. Se observará que la línea de aplicación 66 es generalmente continua, estando rota solamente por las extremidades divididas 60, 61.

Las extremidades 60 y 61 del anillo 59 están espaciadas periféricamente una distancia suficiente para permitir el cierre del anillo de modo que el anillo pueda pasar bajo una superficie interior 68 de la pestaña, y por consiguiente, permitir la inserción del anillo 59 en la garganta 64.



Como se comprenderá, cuando el miembro 16 está girando, el anillo 59 puede estar sometido a fuerzas de impulsión repentinas o sacudidas que darían por resultado comprensiblemente que escapara el anillo 59 de la garganta 64. Están
270.- previstos medios 70 para impedir tal escape y al mismo tiempo permitir la apertura y el cierre del anillo 59 y el deslizamiento relativo entre el anillo 59 y el miembro 16, los cuales pueden tomar la forma de una espiga 72 que se extiende axialmente entre las extremidades espaciadas 60 y 61 del
275.- anillo como muestra la figura 2. La espiga 72 puede estar remachada, roscada o asegurada de otra manera apropiada a la pestaña 62 y está dimensionada para apoyarse contra las extremidades 60, 61 del anillo, para impedir el cierre del anillo 59 a diámetro exterior menor que el de la superfi-
280.- cie 68 de la pestaña, pero espaciados suficientemente de las extremidades 60, 61 para permitir la apertura y el cierre del anillo.

Aunque el anillo 59 tiene una sección transversal convenientemente circular y es de construcción hueca por con-
285.- sideraciones de peso, se comprenderá que puede ser macizo y tener cualquier sección transversal geométrica.

Con referencia ahora a la figura 5, los medios de amortiguación de este invento han sido mostrados en unión con una empaquetadura de laberinto 10 del tipo que tiene sus
290.- dientes 12 soportados por un miembro de envolvente de pared delgada generalmente cilíndrico 74 que está adecuadamente asegurado en una de sus extremidades al miembro de pozo cónico 16. En la configuración de la figura 5 ha sido mostrada una forma modificada de los medios de retención 70 en la
295.- que la garganta de retención 64 está formada por pestañas 76



axialmente espaciadas y está configurada en sección trans-
versal de manera que impida la extracción del anillo 59
excepto por un lugar tal como una abertura agrandada como
en 78 en la figura 6. En esta forma el anillo 59 es inser-
300.- tado dentro de la garganta 64 a través de la abertura agran-
dada o ranura de entrada 78. Con el anillo completamente
contenido en la garganta 64, la abertura agrandada 78 pue-
de ser efectivamente cerrada por medios apropiados, tales
como la espiga 72, para retener así de modo seguro el ani-
305.- llo mientras al mismo tiempo se permite el deslizamiento
relativo entre el anillo y el miembro 74.

El uso, operación y función de este invento son los
siguientes:

310.- Cuando el miembro 16 y el anillo 59 giran, la fuerza
centrífuga empujará el anillo a un contacto de fricción más
apretado con el miembro 16. A este respecto el anillo 59
está dimensionado de modo que bajo la acción de la fuerza
centrífuga la presión radial ejercida contra el miembro 16
o el miembro 74 no será tan grande como para impedir el des-
315.- lizamiento relativo entre un anillo y el miembro 16 o 74.
Como se ha mencionado previamente, cuando el miembro 16 o
74 gira, puede haber tendencia a que este miembro entre en
vibración nodal a la flexión auto-excitada, aero-elástica,
en uno o ambos de los modos descritos en relación con las
320.- figuras 3 y 4. Cuando vibra en el modo de la figura 3, la
línea de contacto a fricción entre el anillo 59 y el miem-
bro 16 o 74 aumenta y disminuye uniformemente en diámetro.
Como el anillo 59 está dividido, se abrirá y cerrará y se-
guirá las fluctuaciones de diámetro del miembro 16 o 74.
325.- Sin embargo, a causa de que la longitud real del anillo 59



permanece generalmente constante, habrá deslizamiento relativo entre el anillo 59 y el miembro 16 o 74 durante cada movimiento de apertura o cierre. Al mismo tiempo el anillo 59 es empujado contra el miembro 16 o 74 por la fuerza centrífuga así como por su fuerza elástica inherente por lo que el deslizamiento relativo genera calor y disipa la energía de vibración. Como el anillo 59 coge el miembro 16 o 74 alrededor de toda su periferia, el desgaste en el anillo 59 es repartido por igual generalmente.

330.- Cuando el miembro 16 o 74 tiende a vibrar en el modo caracterizado por una onda que se propaga circunferencialmente como se muestra en la figura 4, se produce de nuevo un movimiento de apertura y cierre del anillo 59 que provoca el deslizamiento relativo productor de calor entre el anillo 59 y el miembro 16 o 74 disipándose con ello tal energía de vibración.

340.- Aunque, el anillo 59 puede no mantener el contacto periférico continuo con el miembro 16 o 74 cuando este último está vibrando en el modo de la figura 4, ya que los puntos de contacto de fricción cambiarán continuamente, el desgaste del anillo 59 estará distribuido de nuevo generalmente de un modo uniforme alrededor del anillo.

345.- El anillo 59 puede ser convenientemente retenido contra el movimiento axial a lo largo del miembro 16 o 74 por simple previsión de una garganta 64 en la que es hecho saltar elásticamente o insertado el anillo como en las figuras 1 y 5 respectivamente. Una vez colocado dentro de la garganta 64, su escape puede impedirse durante cualquier período de alta excitación por previsión de medios que en una forma utilizan la espiga 72 para limitar el movimiento



de cierre del anillo 59 y en otra forma utilizar la espiga 72 para cerrar efectivamente la abertura agrandada 78 a través de la cual el anillo podría ser retirado.

En anillo 59 está colocado preferiblemente en o cerca
360.- del lugar del máximo desplazamiento a la flexión del miembro que debe ser amortiguado cuando interviene el modo de onda propagada axialmente de la figura 3, la óptima colocación para el anillo 59 está en un anti-nodo. Cuando interviene el modo de onda propagada circunferencialmente de
365.- la figura 4, la óptima colocación para el anillo 59 será generalmente en el punto más lejano de los de conexión del miembro con otra estructura, como está ilustrado, por ejemplo en la figura 5.

Aunque el objeto principal de este invento está destinado particularmente a usarse en un miembro rotativo que soporta una empaquetadura de laberinto, tal como el miembro 16 o 74, se comprendería que el anillo 59 dividido puede también ser empleado para amortiguar la vibración de flexión en el miembro estacionario 18 que soporta el componente de empaquetadura de laberinto u otros miembros de
375.- envolvente de pared delgada.

N O T A.

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en
380.- España, por veinte años, son los siguientes:

1º.- Una disposición amortiguadora de vibraciones en un aparato para flúidos que tiene una empaquetadura de laberinto para reducir las fugas de flúido entre un miembro estacionario y un miembro rotativo de pared delgada, incluyendo dicha empaquetadura medios soportados por uno de
385.-



- dichos miembros para definir al menos una superficie anular de cierre y una pluralidad de dientes axialmente espaciados soportados por el otro de dichos miembros, extendiéndose cada uno de dichos dientes a relación de cierre para el
- 390.- flúido con una de dichas superficies de cierre, caracterizada por un anillo dividido para permitir la apertura y cierre diametrales del mismo, estando dicho anillo colocado y dimensionado para que agarre circunferencialmente y ejerza una presión radial contra dicho miembro rotativo bajo la acción de la fuerza centrífuga, por lo cual la vibración nodal de flexión, auto-excitada, aero-elástica, destructiva de dicho miembro, que puede estar caracterizada por ondas nodales de flexión que se propagan tanto axial como circunferencialmente, es impedida por el deslizamiento
- 400.- relativo productor de calor entre dicho anillo y dicho miembro rotativo.

2^a.- La disposición según el punto 1^a, caracterizada además porque dicho anillo tiene una sección transversal circular.

- 405.- 3^a.- La disposición según el punto 1^a, caracterizada además porque incluye medios para retener dicho anillo en un lugar predeterminado a lo largo del eje de dicho miembro rotativo.

- 410.- 4^a.- La disposición según el punto 3^a, caracterizada además porque dicha posición predeterminada de dicho anillo está próxima a la posición de máxima flexión de dicho miembro rotativo.

- 415.- 5^a.- La disposición según el punto 1^a, caracterizada además porque incluye medios para retener dicho anillo en una posición axial predeterminada a lo largo de dicha en-



volviente sin restringir dicho deslizamiento relativo, comprendiendo dichos medios de retención una garganta circunferencial que se abre hacia dentro, dimensionada para recibir dicho anillo, estando las extremidades de dicho anillo espaciadas en sentido periférico suficientemente para permitir la inserción de dicho anillo en dicha garganta, y una espiga colocable entre las extremidades de dicho anillo para hacer tope con las extremidades de dicho anillo.

6º.- La disposición según el punto 1º, caracterizada además porque incluye medios para retener dicho anillo en una posición axial predeterminada a lo largo de dicha envoltiente sin restringir dicho deslizamiento relativo, comprendiendo dichos medios de retención una garganta circunferencial dimensionada para recibir dicho anillo e impedir la extracción radial del anillo de ella, una abertura agrandada para permitir la inserción de anillo dentro de dicha garganta y medios para cerrar efectivamente dicha abertura agrandada después de insertar dicho anillo.

7º.- "UNA DISPOSICION AMORTIGUADORA DE VIBRACIONES EN UN APARATO PARA FLUIDOS", todo tal y conforme se describe en la presente Memoria, la cual consta de 437 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 17 DIC. 1969

ESCALA VARIABLE.

17 DIC 1969



Fig 1

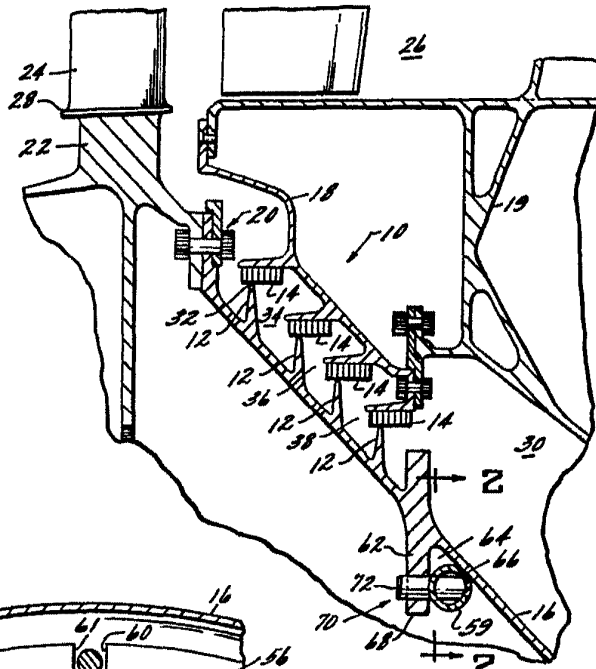


Fig 2

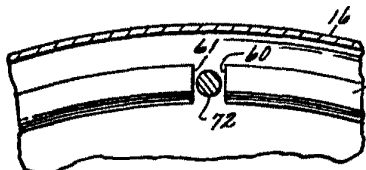


Fig 5

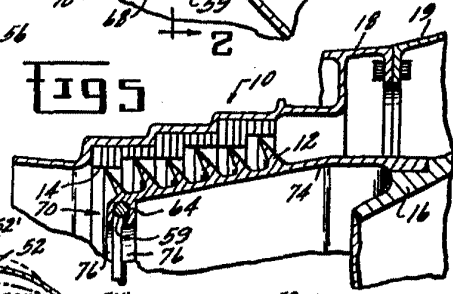


Fig 3

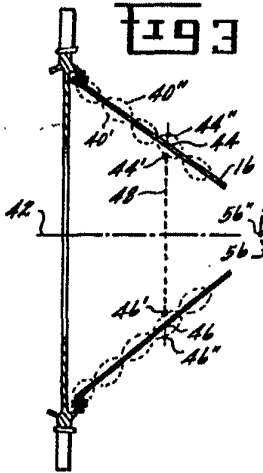


Fig 4

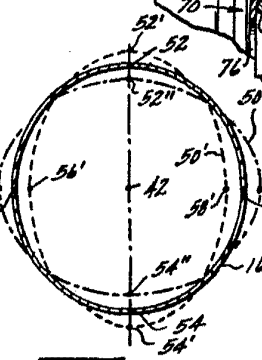
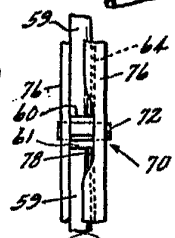


Fig 6



Madrid, 17 DIC 1969

Handwritten signature or scribble at the bottom right of the page.