

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 060**

51 Int. Cl.:

**B64G 1/64** (2006.01)

**F16B 2/08** (2006.01)

**F16L 23/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05799738 .9**

96 Fecha de presentación: **06.10.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1944237**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2008**

54 Título: **APARATO DE CONEXIÓN-SEPARACIÓN DE UN VEHÍCULO LANZADOR Y UN SATÉLITE.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.01.2012**

73 Titular/es:  
**EADS CASA ESPACIO, S.L.**  
**AVDA. ARAGÓN, 404**  
**28022 MADRID, ES**

72 Inventor/es:  
**LANCHO DONCEL, Miguel**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 372 060 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

Aparato de conexión-separación de un vehículo lanzador y un satélite

### CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite que debe separarse al alcanzar la altitud adecuada en el que la conexión se realiza mediante una banda tensada con una pluralidad de mordazas actuando sobre los anillos de interfaz del satélite y el lanzador y en el que la separación se lleva a cabo mediante una orden transmitida eléctricamente y que activa un mecanismo de apertura de la banda.

Más en particular, la presente invención se refiere a un aparato de conexión-separación de un vehículo lanzador y un satélite en el que se reduzca al mínimo la perturbación causada por la apertura de dicha banda.

### 10 ANTECEDENTES

Desde los primeros tiempos del desarrollo de las tecnologías para transportar cargas al espacio exterior, se han desarrollado multitud de sistemas de conexión y separación de las diferentes estructuras ó fases que forman un vehículo de transporte y en particular de la que une a este con su carga de pago ó satélite. Conexiones basadas en cordones pirotécnicos ó pernos explosivos son eficaces y fiables pero generan altos niveles de perturbación vibratoria ó choque que recorre todo el vehículo hasta llegar a los elementos mas sensibles. Por eso este tipo de conexiones se reserva a separaciones de fases del vehículo que están alejadas del satélite. Para separar el satélite se necesitan sistemas que manteniendo su eficacia de unión no produzcan en la separación efectos perturbadores como los que se han descrito.

20 Se han desarrollado elementos de conexión – separación basados en la precarga de un soporte de unión, mediante un cable ó un bulón que posteriormente se corta con un cortador pirotécnico ó un cuchillo térmico, ó bien se separan dos extremos previamente cortados con una tuerca pirotécnica ó con una tuerca electromecánica. Estos y otros dispositivos similares son eficaces para unir – separar estructuras de poco peso como antenas ó paneles solares, pero no son los mas adecuados cuando de lo que se trata es de unir grandes estructuras con interfaces cilíndricas. En estos casos se requeriría disponer en circulo, ó bien muchos de estos elementos discretos con la correspondiente disminución de la fiabilidad, ó bien pocos con el consiguiente aumento de las cargas de conexión.

25 Uno de los sistemas mas eficaces que se está utilizando para unir grandes estructuras con simetría de revolución es el basado en una conexión referida como "Marmam Clamp Band" consistente en un conjunto de mordazas en forma de V ó cuña, que son precargadas contra los anillos interfaz de las estructuras a unir, también en forma de V, mediante la acción de una banda elástica que se tensa alrededor de las mordazas. La ventaja principal de este sistema frente a los anteriormente descritos es que la precarga se ejerce de una forma continua alrededor de la estructura sin sobrecargas locales y con un factor de eficacia aumentado por el efecto de la cuña. La desventaja en cambio es que esa misma precarga uniforme provoca una deformación elástica, con simetría axial, de los anillos de interfaz, que al ser relajada repentinamente se transforma en energía cinética de las masas elementales de esos anillos, es decir en una señal vibratoria de alta aceleración a la frecuencia natural correspondiente a ese modo simétrico. Por tanto, se tiene nuevamente el choque no deseado.

35 Los sistemas basados en la tecnología anterior, utilizaban normalmente dos mitades de banda de tensado unidas por dos bulones a ser cortados por dos elementos pirotécnicos. Esta disposición con un plano de simetría mejora ligeramente la generación de perturbación al reducir la excitabilidad del modo de vibración de simetría axial, pero aún mantiene mucha capacidad para excitar estos modos, mas aún teniendo en cuenta que se utilizan bandas de acero de poca sección transversal y a mucha tensión, es decir muy estiradas, y por tanto la relajación de la tensión es muy rápida y muy simétrica. Para fijar ideas, una banda tensada a 30 KN alrededor de una interfaz de algo mas de 1 m de diámetro, genera choques con aceleraciones de hasta 5000 g's.

45 Posteriormente, se ha desarrollado un nuevo dispositivo de tipo banda mordaza, objeto de la patente española nº 2 131 476, al que nos referiremos posteriormente como "CRSS", que reduce el choque inducido a valores inferiores a 2000 g's para los mismos parámetros anteriores. Para ello reduce los dos puntos de apertura a uno solo, lo que se traduce en una desaceleración de la velocidad de separación de la banda respecto a los aros de interfaz, permaneciendo mas tiempo en contacto antes de alejarse de ellos y frenando en consecuencia el comienzo de la vibración libre de estos aros. Además el sistema modifica el criterio de diseño de la banda, que pasa a ser de aluminio de mucha sección transversal, aumentando considerablemente la rigidez, y por tanto su eficacia para soportar carga, junto con la reducción de energía elástica acumulada en la propia banda al ser tensada. A pesar de estas ventajas, la orden de relajación sigue siendo instantánea al basarse en el corte del bulón que une el terminal de separación por un cortador pirotécnico, y el tiempo de relajación no es controlado, dependiendo solo de las fuerzas de fricción con la interfaz y de la dinámica del sistema.

55 Recientemente se ha desarrollado otro dispositivo con capacidad de controlar ese tiempo de relajación, referido como "CBOD" (banda desarrollada por SAAB ERICSSON y mecanismo de apertura controlada de STARSYS). Este sistema incorpora la apertura de la banda en un solo extremo, tal como el CRSS, y añade un mecanismo de frenado y

absorción de energía. El mecanismo actúa sobre la apertura del sistema mediante la retención de dos tornillos situados en los dos terminales. Estos tornillos son obligados a pasar por un roscado asociado a ruedas de inercia. La tensión de la banda transmitida a los tornillos, obliga a un movimiento de rotación de las ruedas inerciales para poderse liberar de ellas. La energía cinética de rotación inducida en las ruedas es la que permite el frenado del sistema. Con este sistema se reduce la aceleración de choque a valores inferiores a 1000 g's para tensiones de 60 KN.

El inconveniente de este sistema es la pérdida de fiabilidad al requerir la salida completa y simultánea de los tornillos, para asegurar la separación de la banda de los anillos interfaz. Además, a medida que la tensión de banda se va relajando, la energía disponible para retirar el tornillo es menor y por tanto el margen de seguridad para el despliegue va disminuyendo. El sistema mantiene los valores de elasticidad de las bandas tipo Marmam con lo que se requiere un gran recorrido de tornillo dentro de la rueda inercial y que es mas grande para diámetros mayores de interfaz. Por otro lado el dimensionado de los tornillos puede ser crítico al soportar directamente la tensión de la banda, es decir a medida que aumenta la necesidad de transportar cargas mayores, lo que se consigue aumentando la tensión de la banda las cargas que pasan directamente por el mecanismo son mayores.

El sistema propuesto por Huessler descrito en US 5,157,816, resuelve muchos de los problemas arriba indicados, a la vez que mejora la prestación en la separación con el mecanismo de apertura controlada propuesto. El mecanismo que propone contiene un bulón al que se le hace trabajar en compresión, en lugar de en tracción como en los casos descritos arriba. Esto se consigue prolongando los extremos de la banda mas allá del punto de encuentro y uniéndolos al los extremos del bulón mediante dos articulaciones. La tensión de la banda es transformada en compresión en el bulón y no se requiere cortar el bulón para realizar la apertura del sistema, sino solo sacar del equilibrio inestable el sistema. Esto se hace instalando el sistema en una posición inestable con tendencia a la apertura y reteniéndola con cualquier dispositivo pirotécnico ó electromecánico que lo libere. La ventaja principal de este sistema es que se le añade un muelle que frena el movimiento de giro del bulón durante la apertura. Este muelle de frenado puede sintonizarse a las necesidades del sistema. Además a medida que el sistema abre, la tensión requerida para continuar la apertura va disminuyendo, aumentando por tanto el margen de seguridad. La desventaja del sistema es que requiere del propio mecanismo para realizar el tensado. De hecho el mecanismo en si, se propone como un sistema de tensado, lo que hace que la posición de partida del mecanismo tenga una incertidumbre asociada a los resultados de la puesta en servicio, lo que redunde en una falta de garantía de la reproducibilidad del comportamiento.

Otro dispositivo conocido para el acoplamiento de componentes estructurales cilíndricos unos con otros se describe en la patente US 5,411,349. Este documento describe cuerpos cilíndricos de componentes estructurales, tales como un satélite y una sección de un cohete o dos secciones de un cohete, acopladas una con otra por medio de un acoplamiento que puede abrirse, tal que los componentes estructurales tienen coronas salientes radiales que se enfrentan unas con otras y que están circunscritas por el dispositivo de acoplamiento, de tal modo que el dispositivo de acoplamiento comprende un elemento tensor flexible.

Se conoce en el estado de la técnica, como por ejemplo en el documento US 2002/0133748, un circuito de prueba y un método para medir la integridad de la potencia suministrada: este circuito mide instantáneamente, y se aísla durante la medida, eliminando las influencias externas. El documento WO 01/02248 de la técnica anterior describe un método empleado en la separación de un satélite de un cohete portador, estando el satélite y el cohete conectados por una banda de fijación, de tal modo que la suelta de la energía tensora en la separación se hace siguiendo un proceso retardado. También se conoce, por el documento EP 1170539, un dispositivo para conectar elementos de forma liberable, por medio de una abrazadera tensora que comprende garras que funcionan con uniones de tipo brida en componentes cilíndricos o cónicos.

La presente invención está orientada a la solución de los problemas descritos y a mejorar el comportamiento general de estos sistemas, tanto en lo que se refiere a las prestaciones como en lo que se refiere a la puesta en servicio.

### SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención propone un aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite que, como los aparatos conocidos, comprende una banda con un canal interior en el que se ubican de manera deslizable una pluralidad de mordazas que se aplica sobre los anillos que constituyen el interface de unión entre ambos vehículos y está dotada de un dispositivo de unión-separación de sus extremos que incluye un elemento bloqueador de los mismos y medios para desbloquearlo, y que, a diferencia de los aparatos conocidos:

- También comprende medios para tensar radialmente el conjunto banda-mordazas.

- El dispositivo de unión-separación también comprende un mecanismo que permite una apertura controlada de la banda en dos fases, en la primera de las cuales, los extremos de la banda se desplazan manteniéndose en contacto con los anillos, disipándose la energía elástica correspondiente al tensado de la banda, y en la segunda de las cuales la banda se separa de los anillos hasta alcanzar su posición de aparcamiento.

Un objetivo de la presente invención es minimizar el choque inducido por la separación de una banda tensada sobre las estructuras que une como consecuencia de la repentina liberación de la energía elástica acumulada durante

el tensado. El mecanismo de apertura controlada mencionada disipa buena parte de esa energía antes de la separación efectiva entre la banda y las estructuras y por ello el choque resultante será solo el inducido por la energía residual.

El mecanismo disipador, tiene a su vez un principio de funcionamiento sencillo: al comienzo de la separación, se utiliza parte de la energía elástica acumulada en mover una masa (transformándola en energía cinética) y simultáneamente se obliga a la banda a no separarse de las estructuras que unía, es decir a moverse tangencialmente a ellas sin perder el contacto y friccionando (con la consiguiente transformación en energía calorífica) con lo que se obtiene una disminución de la energía residual en el momento de la separación efectiva.

Téngase en cuenta, además, que en toda separación de la banda, provocada al liberarse el elemento bloqueador mediante, por ejemplo, la rotura de un bulón de cierre, mediante un cortador pirotécnico, se induce un choque que se suma al previamente explicado (mas importante en frecuencias altas). En el aparato según la invención se reduce la tensión a soportar por el elemento bloqueador, tal como un bulón de cierre, mediante un sistema de palancas ó equivalente, lo que permite el uso de un elemento desbloqueador tal como un cortador de menor energía y por tanto se reduce el choque transmitido al satélite.

Dicho en otras palabras, ese mecanismo obliga a los terminales de la banda a un movimiento inicial preferentemente tangencial y de poca velocidad, y a un movimiento posterior preferentemente radial y de mucha velocidad.

Ese mecanismo de apertura controlada añade, a un sistema de elementos del tipo propuesto por Huessler, encadenados de forma que fuerzan la cinemática de la salida retrasándola apropiadamente, un sistema de frenado de esa cinemática mediante la transformación en energía cinética de traslación de un elemento equivalente, pero de gran masa, al bulón de Huessler, con lo que se mejora considerablemente el rendimiento. Por otro lado se resuelve el problema de fiabilidad ligado a la necesidad de salida completa y simultanea de los tornillos de CBOD.

Otro objetivo de la presente invención, es evitar el acoplamiento de la puesta en servicio del mecanismo de apertura-cierre y la puesta en servicio de la banda, que se consigue mediante la utilización de unos medios, tales como unos empujadores, para tensionar radialmente el conjunto banda-mordazas. Estos empujadores situados entre la banda y las mordazas se apoyan en la banda y empujan a las mordazas contra los anillos de interfaz, lo que provoca la precarga de las mordazas sobre estos anillos.

Ello supone poner en servicio el aparato de forma completamente diferente a todos los sistemas conocidos. En ellos el tensado de la banda provoca la precarga de las mordazas. En la presente invención es al revés, es decir se comienza dando la precarga necesaria a las mordazas siendo la tensión una consecuencia de ello. Se resuelve con ello el problema de que los criterios de diseño de mecanismo de apertura controlada y de banda estén desacoplados como en el mecanismo CBOD pero manteniendo y mejorando las ventajas del mecanismo Huessler así como el problema de las limitaciones de tensado debido a la pérdida de rendimiento originado por la fricción entre mordazas y banda.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Figura 1 es una vista esquemática en planta de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según la presente invención.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según la presente invención.

La Figuras 3a, 3b y 3c son diferentes vistas de la instalación de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según la presente invención.

La Figura 4 muestra dos vistas en sección de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según la presente invención instalado sobre los anillos interfaz antes y después de aplicarle tensión radial.

Las Figuras 5a y 5b muestran esquemáticamente el principio de funcionamiento del mecanismo de apertura controlada de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según la presente invención.

Las Figuras 6a, 6b y 6c muestran, respectivamente, el dispositivo de apertura-cierre de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según una primera realización de la presente invención al inicio de la apertura, en el momento que se inicia la separación de la banda de los anillos y en la posición final de aparcamiento.

Las Figuras 7a, 7b y 7c muestran vistas diferentes el dispositivo de apertura-cierre de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según una primera realización de la presente invención

Las Figuras 8a y 8b muestran, respectivamente, el dispositivo de apertura-cierre de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según una segunda realización de la presente invención al inicio de la apertura, y en la posición final de aparcamiento.

5 Las Figuras 9a y 9b muestran, respectivamente, el dispositivo de apertura-cierre de un aparato de conexión de un vehículo lanzador y un satélite según una tercera realización de la presente invención al inicio de la apertura, y en la posición final de aparcamiento.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS**

10 Como se ha dicho, la presente invención está centrada en dos elementos que se muestran esquemáticamente en la Figura 1: un mecanismo de apertura controlada incluido en el dispositivo de apertura-cierre 41 de la banda 11 que permite reducir el choque inducido por la separación de la banda y un mecanismo de tensado del conjunto banda 11 – mordazas 13 mediante empujadores 19 de las mordazas 13 que permite soportar satélites mas grandes, que están completamente desacoplados y que, consiguientemente, pueden diseñarse de manera independiente el uno del otro de acuerdo a sus propios requisitos funcionales y que al unirlos continúan cumpliendo su funcionalidad sin perturbarse mutuamente.

15 Describiremos en primer término una realización del mecanismo de tensado del conjunto banda 11 - mordazas 13 en referencia a las Figuras 2-4.

20 El conjunto banda 11 - mordazas 13 se diseña de tal forma que sea capaz de proporcionar la máxima capacidad de unión de la interfaz lanzador 15 satélite 17, es decir que sea capaz de soportar las cargas mas grandes posibles con los diámetros de interfaz menores. Esto se consigue mediante la optimización de la ecuación que define la relación entre la capacidad de soportar flujos axiales inducidos por las cargas de lanzador y satélite y flujos radiales inducidos sobre el sistema banda mordaza por la pretensión del mismo. Esta ecuación es en primera aproximación  $\varnothing a = \varnothing r / 2 \times (\text{tag } \alpha - \mu)$ , en donde:

$\varnothing a$  = flujo axial máximo que soportaría la interfaz precargada por la banda mordaza

$\varnothing r$ = flujo radial inducido en las mordazas por un tensado de la banda

25  $\alpha$  = ángulo promedio de los dos ángulos de contacto de la cuña de la mordaza con los aros de interfaz

$\mu$  = coeficiente de fricción del contacto

30 Por tanto para un sistema de unión tipo banda mordaza, en el que esté fijado el ángulo de la cuña y el coeficiente de fricción del contacto, la única variable que permite aumentar la capacidad del sistema es el aumento del flujo radial inducido sobre la mordaza, y por tanto cualquier elemento de diseño que mejore la capacidad de inducir flujo radial, de mantenerlo, ó de reducir sus variaciones a lo largo del perímetro de la interfaz, redundará en una mejora directa de la capacidad del mismo.

Según la invención, el flujo radial, que es realmente el objetivo que se persigue al tensar, es inducido directamente, generando una fuerza F en dirección radial sobre la mordaza 13 de longitud Lm, es decir un flujo radial Fm de valor  $\varnothing r = F / Lm$  mediante tornillos 19 que avanzan apoyándose en la banda 11 y empujando las mordazas 13.

35 El flujo radial Fm sobre las mordaza 13 produce, como reacción, un flujo radial contrario Fb sobre la banda 11 que genera su tensado. Es decir, que aquí la tensión es una consecuencia del flujo radial creado para empujar la mordaza 13 y no al revés.

40 En las Figuras 2 y 3 se representa una banda 11 dotada de tres taladros 23 pasantes para cada mordaza 13 con tuercas 21 para tres tornillos 19. Los tornillos 19 se roscan en las tuercas 21 y una vez que alcanzan la mordaza 13 comienza la precarga.

45 El efecto de la precarga puede verse en la Figura 4 que presenta una misma sección antes y después de la precarga. En ella se ve como la separación entre la mordaza 13 y banda 11 crece por efecto de la fuerza del tornillo 19 empujador sobre la mordaza 13 y su reacción sobre la tuerca 21 apoyada en la mordaza 13 (la línea L ayuda a percibir la diferente separación relativa entre los distintos elementos en las dos posiciones). De esta forma se precargan los anillos interfaz 15, 17 a la vez que por reacción se tensa la banda 11. Todo esto se hace sin ningún tipo de movimiento relativo entre banda 11 y mordazas 13 ó entre mordazas 13 y anillos interfaz 15, 17, en dirección tangencial. Por tanto no existen pérdidas de tensión por fricción.

La fuerza que se necesita generar con el tornillo para crear precargas iguales a las que se crearían con un sistema convencional tensado a una tensión T, es por tanto  $F = Lm \times T / R$ , siendo radio R de la interfaz.

50 Si se tiene en cuenta que para generar esa fuerza F, se requiere un tornillo de métrica D con un efectividad de transmisión C, al que se le aplique un par de apriete M de valor  $M = C \times F \times D$ .

Para cubrir la longitud de la interfaz, con mordazas de longitud  $L_m$ , el número  $N$  de ellas necesario, es  $N = 2 \times \pi \times R / L_m$ .

Y si suponemos un tornillo por mordaza, el número de tornillos necesarios es  $N = 2 \times \pi \times C \times D \times T / M$ .

5 Para dar una idea de la eficacia comparada del sistema propuesto, si tenemos que tensar una banda  $a$ , por ejemplo,  $T = 60000$  N, con tornillos de eficacia  $C = 0.2$  y métrica  $D = 8$  mm, limitando el par de apriete a  $10$  N x m ( $10000$  N x mm) se necesitarían  $60$  tornillos. Con este número de tornillos, el tensado sobre una interfaz de radio  $R = 600$  mm requiere empujar  $60$  mordazas de longitud  $L_m = 62$  mm (ó  $30$  mordazas de longitud  $124$  mm empujadas por dos tornillos cada una).

10 Este mecanismo de tensado es completamente diferente de los sistemas de tensado clásicos utilizados en los sistemas convencionales de mordaza / banda. En ellos una banda metálica situada alrededor de las mordazas que a su vez comprimen la interfaz de unión adaptador / satélite, es tensada, ó bien mecánicamente tirando de sus dos extremos, ó bien térmicamente, calentándola, uniendo sus extremos y posteriormente dejándola enfriar, ó con cualquier combinación de ambos. En todos estos casos, lo que se pretende con este tensado en la dirección de la banda, es decir en lo que llamaremos de ahora en adelante dirección tangencial a la interfaz, es inducir un flujo de carga sobre las mordazas y de estas sobre la interfaz de unión, en dirección perpendicular a la banda, es decir en lo que llamaremos dirección radial. El valor de este flujo radial  $\varnothing r$  inducido por la tensión tangencial  $T$ , es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional al radio  $R$  de la interfaz, es decir,  $\varnothing r = T / R$ .

20 La diferencia fundamental con un sistema de tensado mecánico convencional es que en éste es necesario aumentar la tensión ( $T_0$ ) en los extremos desde los que se tira, para compensar las pérdidas que se producen por fricción debido al movimiento tangencial entre la banda y las mordazas, que se cuantifican con la ley  $T(\theta) = T_0 \times e^{-\mu\theta}$ , en donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción y  $\theta$  es el ángulo en el que se mide la tensión respecto al punto de tensado. Así para conseguir los mismos  $60000$  N en el extremo contrario ( $\theta = \pi$  radianes) al de tensado, si el coeficiente de fricción es  $\mu = 0.1$ , se requeriría aplicar  $82000$  N en el extremo de tensado, es decir se tendrían unas pérdidas próximas al 30%.

25 Por el contrario, con el sistema propuesto, al no haber movimiento tangencial entre banda y mordazas estas pérdidas serían nulas. El único factor de disminución del rendimiento está dado por la eficacia del propio tornillo, que depende de la fricción, pero este factor ya está incluido en el cálculo del par de apriete con el valor de  $C$ .

30 En el caso de la banda tensada mediante zunchado térmico descrita en la patente española 2 131 476 se consigue el flujo radial por los esfuerzos de zunchado que se producen en la interfaz de contacto entre la banda y los aros que une cuando la primera se contrae sobre los segundos. El sistema no tiene las pérdidas anteriormente descritas puesto que no existe movimiento tangencial entre banda y aros. Sin embargo existe una pérdida de la eficacia del zunchado debido a la existencia de holguras y juegos entre los elementos que conforman la interfaz, a la falta de homogeneidad circular, local y global, y a su falta de rigidez lo que requiere un tensado mecánico inicial para aproximar los extremos de la banda antes de cerrarla y absorber todas estas imperfecciones, ó de lo contrario se necesitaría elevar la temperatura de la banda lo suficiente para compensar todos los juegos y flexibilidades. Por otro lado, puesto que los materiales utilizados en la construcción de la interfaz estructural y en la banda, normalmente aluminio en ambos, tienen un limitado coeficiente de expansión térmica, solo es posible aumentar la tensión objetivo a costa de aumentar la temperatura de zunchado, lo que a su vez tiene un límite por la caída de propiedades mecánicas de estos materiales.

40 Una ventaja adicional del sistema propuesto es que la precarga se induce en cada mordaza con independencia de las demás, lo que permite obtener una distribución de flujo radial todo lo uniforme que se desee, corrigiendo las desviaciones que sobre la geometría nominal tengan los aros de interfaz.

45 Otra ventaja adicional de este sistema es que para comenzar el tensado solo se requiere tener bloqueados los extremos terminales de la banda. Esto es lo que permite que la posición inicial del mecanismo de cierre que aquí se propone no queda condicionada por las necesidades de tensado del sistema ni viceversa. Ó lo que es lo mismo el diseño del mecanismo se hace independientemente del diseño de la banda y viceversa. Entre otras cosas, esta independencia proporciona las siguientes características:

- El mecanismo de cierre no se utiliza para tensar la banda, como en la patente nº 2 131 476, lo que obligaría a inducir un movimiento tangencial de los extremos terminales de la banda durante el tensado, y por tanto a definir unas características de fricción en la banda compatibles con esa función.

50 - Los parámetros principales del mecanismo se eligen en función de la necesidad de atenuar el choque. Por tanto el ángulo de partida del mecanismo, las longitudes de sus elementos y la masa del mecanismo, se determinan de forma que se optimiza la prestación deseada que es la dinámica de despliegue, y su consecuencia principal, el choque inducido.

- La selección de los parámetros del mecanismo es válida para cualquier tensión de banda que posteriormente se aplique y asimismo para cualquier diámetro de banda

- La instalación del sistema comienza con mecanismo y banda en estado de relajación, sin cargas inducidas ni por la tensión de la banda ni por la posición del mecanismo, lo que permite un posicionado de los elementos de medida y control mucho mas ajustado al cero inicial.

5 Pasamos ahora a describir el mecanismo de apertura controlada del dispositivo de apertura-cierre de la banda en referencia a las Figuras 5-9.

10 La dinámica del despliegue del mecanismo de apertura controlada tiene una influencia fundamental en las prestaciones que se desean obtener de este dispositivo. Como se ha dicho antes el límite práctico en el aumento de capacidad del conjunto banda 11 - mordazas 13 mediante el aumento del flujo radial, es que la relajación repentina de la tensión de la banda induce a su vez una relajación repentina de la energía elástica acumulada en los aro interfaz 15, 17. Esta energía elástica se transforma en energía cinética de esos aros, que al ser circularmente continuos responden como un sistema de muelles y masas circularmente distribuidas y vibrando a un lado y otro de su estado inicial. Esta vibración, que es una señal transitoria de poca duración y que tiene componentes de distinta aceleración en todo el espectro de frecuencias, es lo que percibe el satélite como choque inducido por la separación. Este choque puede dañar los equipos del satélite a partir de ciertos niveles de aceleración. Estos niveles de aceleración dependen de la energía que se ha liberado repentinamente, la cual a su vez es función directa del grado de precarga existente en el momento de la liberación. Por tanto la sensibilidad de los equipos del satélite a la señal vibratoria inducida por la separación, limita la precarga máxima del sistema y por tanto su capacidad.

20 De todos los modos de vibración del aro interfaz, que se excitan al liberar repentinamente la energía elástica, el más importante por ser el que responde con más aceleración y el que determina a la vez el resto del espectro, es el que se denomina modo de respiración del aro. Este modo es el resultado de una vibración en fase de todas las secciones del aro, tal como si se produjese una extensión y contracción del radio inicial del anillo. La frecuencia de esta vibración y la aceleración máxima que corresponde a este modo de vibración pueden relacionarse fácilmente con la precarga que el sistema tiene antes de la liberación repentina. Para ello se hace la hipótesis de que la energía elástica acumulada en el aro interfaz cuando se induce en el un determinado flujo radial uniforme, es transformada en energía cinética del anillo en este modo de respiración. La relación entre aceleración radial inducida y la tensión de banda es  $A_r = 0.5 T / (R \times A \times \rho)$ ,  $F_r = (E/\rho)^{0.5} / (2 \times \pi \times R)$ , en donde:

$A_r$  = es la aceleración radial inducida en el modo de simetría axial del aro

$F_r$  = es la frecuencia del modo de simetría axial ó modo de respiración

$T$  = es la tensión de la banda en el momento de la liberación repentina

30  $E$  = es el módulo elástico del material del aro

$R$  = es el radio medio del aro de interfaz del satélite

$A$  = es el área de la sección transversal del aro del satélite

$\rho$  = es la densidad volumétrica del aro del satélite

35 Con las expresiones anteriores se ve que la aceleración del choque que se induce en la separación es directamente proporcional a la tensión existente en el momento de la liberación repentina de esta tensión, mientras que la frecuencia del movimiento vibratorio es únicamente dependiente del diámetro del aro de interfaz.

La única forma de disminuir el choque inducido es por tanto disminuyendo la tensión de la banda, pero esto va en menoscabo de la capacidad del sistema como se ha reflejado previamente.

Según la invención se realiza una relajación de la tensión de la banda en dos fases:

40 - Una primera fase durante la cual la tensión de la banda va disminuyendo lentamente hasta un valor residual.

- Una segunda fase en la que la relajación de la tensión residual es repentina ó muy rápida.

45 Durante la primera fase, que llamaremos fase de frenado, el sistema formado por la banda y por el aro interfaz se moverá unido de forma que el contacto de la banda con el aro impide que este vibre libremente en su modo de respiración. Para ello es necesario además que la energía elástica que se está liberando en esta fase sea absorbida ó transformada por algún elemento del sistema. Al finalizar esta fase el sistema retendrá una energía residual y la banda tendrá también una tensión residual.

50 Durante la segunda fase la banda se separará del aro interfaz dejando que este vibre libremente en su modo de respiración natural. La tensión residual de la banda y la energía residual del aro definirán las prestaciones finales del sistema, es decir el choque finalmente inducido y la apertura completa para garantizar la salida del satélite. Cuanto más rápida sea esta segunda fase mas garantía de no perturbación de la salida del satélite.

La optimización de los tiempos de relajación de cada fase producirá el beneficio de reducir el choque sin necesidad de haber disminuido la capacidad del sistema y sin perturbar la salida del satélite. Para gestionar los tiempos de cada fase se necesita de algún tipo de mecanismo que controle esos tiempos, es decir que convierta la relajación repentina que se produce en un sistema convencional del tipo de un corte de un bulón por un cortador pirotécnico, en una relajación controlada en las dos fases explicadas.

La invención proporciona pues un mecanismo encargado de permitir una apertura controlada de la banda de forma que optimiza las relaciones de los tiempos de las dos fases de la apertura, realizando una fase de frenado en la que se puede controlar el tiempo de retardo de la apertura, y una fase de apertura final en la que se puede incluso acelerar el movimiento. La forma de alcanzar este doble propósito es mediante el mecanismo que se muestra esquemáticamente en la Figura 5, un mecanismo de cuatro articulaciones unidas por tres elementos rígidos: un soporte central 33 paralelo a la banda 11 y dos bielas laterales 35 formando un ángulo  $\beta$  con el soporte central.

Mientras el soporte 33 tiene su movimiento bloqueado por un elemento retenedor, tal como el bulón mencionado anteriormente, el mecanismo es capaz de transmitir las cargas de un lado a otro del mismo a través de las dos bielas 35. Cuando el soporte 33 es liberado, la tensión T de la banda mueve el mecanismo de forma que el ángulo del mismo aumenta y el soporte 33 se traslada hacia fuera aumentando la velocidad tangencial  $V_t$  hasta un máximo que se corresponde con un determinado ángulo próximo al cual se ha relajado completamente la tensión, quedando únicamente la tensión residual  $T_r$ . A partir de aquí el soporte 33 se desacelera hasta que cambia su velocidad. En ese momento la inercia del mismo realiza el efecto contrario al inicial, ayudando a la salida en dirección radial de la banda a la velocidad  $V_r$ .

Los parámetros que determinan la dinámica del sistema y por tanto sus prestaciones finales son:

$L$  = Longitud de las bielas 35

$\beta$  = ángulo de las bielas 35 con el soporte 33

$M$  = masa del soporte 33

La longitud de las bielas 33 afecta positivamente debido a la cinemática obligada. Cuanto mayor sea, la trayectoria de la articulación que une la banda 11 y la biela tiene una componente en la dirección tangencial que es inicialmente muy pequeña y posteriormente crece. Esto es lo deseable en la fase de frenado. Sin embargo, la longitud máxima posible está limitada porque a su vez define el diámetro de la banda después de la apertura y este no puede superar los límites que le impone el satélite.

Cuanto menor sea el ángulo inicial, mas lenta será la separación inicial por la misma razón cinemática anterior, es decir mas eficaz será la frenada. El ángulo del mecanismo puede ser cero, que se correspondería con una posición de equilibrio, pero tiene un límite práctico anterior para asegurar la salida teniendo en cuenta las fuerzas de fricción.

Finalmente la masa  $M$  del soporte, despreciando el efecto del resto de masas en movimiento, es la que mejor determina la dinámica de salida de la banda. Cuanto mayor sea la masa  $M$ , mas energía absorberá en proporción al cuadrado de su velocidad, y mas fuerza inercial contraria al movimiento impondrá y propagará a través de las bielas a los extremos articulados de la banda, frenando su salida. El límite de esta masa es solo una cuestión relacionada con los objetivos de peso del sistema completo.

Las Figuras 6 y 7 el dispositivo de apertura-cierre 41 con una primera realización del mecanismo de apertura controlada en tres posiciones. El dispositivo de apertura 41 comprende un mecanismo convencional 46 para la apertura-cierre de la banda 11 incluyendo un elemento retenedor tal como, por ejemplo, un bulón 47 que una sus extremos que puede ser liberado cuando llegue el momento de la separación del satélite del lanzador mediante por ejemplo un cortador pirotécnico 48 y el mecanismo de apertura controlada está formado por un soporte 43 unido articuladamente a los dos extremos 7, 9 de la banda 11 mediante las bielas 45.

En la primera de las posiciones mencionadas, de arriba abajo, se representa la posición de partida antes de la orden de separación del satélite del vehículo lanzador con los extremos 7, 9 de la banda muy próximos entre sí. La segunda es una posición intermedia en donde la banda 11 aún no se ha separado de los anillos interfaz 15, 17, pero donde su tensión se ha relajado ya que los extremos 7, 9 se han separado. Finalmente la tercera, presenta la posición de llegada, también llamada de aparcamiento, en la que se ve que la banda 11 está completamente separada de los anillos interfaz 15, 17 y por tanto la salida del satélite está libre.

Siguiendo la Figura 7 puede observarse que el soporte 43 tiene forma curvada con sección en C y que dispone de interfaces para ensamblar las bielas 45 con sus ejes así como otros elementos del dispositivo como la tuerca pirotécnica 48 encargada de recibir la orden de separación y de soltar el retenedor 47 que bloquea el movimiento del mecanismo, y un par de grapas 51 encargadas de fijar el mecanismo respecto a la banda en su posición de aparcamiento.

5 Siguiendo las Figuras 8a y 8b describimos seguidamente una segunda realización del mecanismo de apertura controlada.

5 El dispositivo de apertura-cierre 61 incluye en este caso un soporte 63 que incluye dos ranuras 65 que definen el movimiento que deben seguir dos ejes 67 asociados a los extremos de la banda 11. La forma y dimensiones de las ranuras 65 se diseñan de forma que contienen dos tramos 68, 69 de pendiente diferente y una transición entre ellos. El primer tramo 68 es definido con una pendiente muy alta para ralentizar el movimiento de separación de los extremos de la banda 11. El ángulo que forma este tramo con la vertical, es un parámetro de diseño equivalente al ángulo inicial de la biela en la primera realización de la invención. Cuanto mas pequeño es ese ángulo mas lenta es la separación inicial. La compatibilidad cinemática obliga al soporte principal a desplazarse verticalmente, es decir de dentro a fuera, para permitir la separación de los dos ejes. Para ello es necesario invertir en el movimiento de ese soporte la correspondiente energía cinética, la cual es proporcional a su masa y al cuadrado de la velocidad de esa masa. Por tanto se tiene un mecanismo de disipación y freno totalmente equivalente al del mecanismo de la primera realización de la invención. El segundo tramo 69 de la ranura 65 se define de forma que se acelere el movimiento lo que se requiera para aparcar el sistema en el momento deseado. La transición entre ambos se hace mediante una curva que define el movimiento de transición. El final del recorrido sobre la ranura define el modo abierto de la banda, es decir su geometría respecto al modo cerrado.

2.0 Otra forma de entender este mecanismo es la siguiente. La distancia horizontal entre los ejes cuando estos están al comienzo del primer tramo de la ranura se corresponde con el sistema a su tensión máxima. La distancia horizontal entre ellos cuando están al final del primer tramo se corresponde con el sistema a su tensión mínima, en particular puede ser cero si así se requiere. La diferencia de distancias es la que se requiere para tensar y destensar el sistema. La longitud de ese tramo ha de recorrerse por los ejes entre esas dos posiciones y por reacción por el soporte, y por tanto junto con la masa del soporte y la tensión, define el tiempo en que se reduce la tensión desde la inicial a la final, por tanto el tiempo de frenado. El segundo tramo se define de forma que entre el punto de tensión mínima y el final de este segundo tramo se produzca la separación de la banda de los anillos interfaz y su aparcamiento en el diámetro del modo abierto.

2.5 En definitiva el diseño de la ranura 65 permite gestionar el movimiento que se va a obtener y por tanto la dinámica de la separación y en consecuencia el choque inducido por esta.

3.0 Al igual que en la primera realización del la invención, el dispositivo el mecanismo de referencia, este otro tiene que disponer de los elementos que permiten bloquear y desbloquear el movimiento relativo entre el soporte principal y la banda, y al ser equivalentes se pueden utilizar exactamente los mismos componentes descritos anteriormente.

3.5 De la misma forma, el sistema de tensado debe de permitir definir una posición de partida sin alterarla ni depender de ella. Esta posición de partida es precisamente la que posiciona los ejes al inicio del primer tramo. A partir de esta posición se puede iniciar el tensado con el mismo procedimiento definido para el sistema de referencia, es decir aproximando las mordazas a los aros interfaz mediante tornillos empujadores.

3.5 Siguiendo las Figuras 9a y 9b describimos seguidamente una tercera realización del mecanismo de apertura controlada.

4.0 El dispositivo de apertura-cierre 71 incluye en este caso un soporte 73 que incluye dos ranuras 75 que definen el movimiento que deben seguir dos ejes 77 asociados a los extremos 7, 9 de la banda 11

4.0 El soporte 73 tiene cierta elasticidad lo que permite gestionar los tiempos dos tramos similares a las de la realización anterior. Por su parte, el dispositivo de apertura-cierre 71 contiene elementos de bloqueo y desbloqueo similares.

4.5 En este caso, el soporte 73 es una única pieza metálica que debido a su elasticidad y a la presencia de un separador 79 en cada ranura 75, permite dos posiciones 78, 79 de su parte inferior. En una de ellas, la correspondiente a su estado natural 79, (posición abierta), deja una holgura suficiente para que los ejes 77 pasen a través de ella. En la otra, la correspondiente a su estado deformado 78, (posición cerrada), esta holgura se cancela deformándola hasta tocar la parte superior y reteniéndola en esa posición por la precarga que ejerce un tornillo que se mantiene unido a la tuerca pirotécnica que activará la separación.

5.0 Partiendo de esta última posición, el movimiento de los ejes 77 está bloqueado, mientras la tuerca pirotécnica retiene el tornillo asociado. Cuando se da la orden de separación, los ejes recorren la pared inclinada que los retenía cuyo ángulo y longitud definen la relajación de tensión y el tiempo de frenado de la misma forma que en el mecanismo con ranura. Cuando alcanzan la apertura liberada se desplazan rápidamente en un movimiento horizontal hasta que son retenidos por el final del soporte 73.

5.5 Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que estas realizaciones no son limitativas, pudiéndose introducir modificaciones comprendidas dentro del alcance definido por las reivindicaciones siguientes.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite que comprende una banda (11), con un canal interior en el que se ubican de manera deslizante una pluralidad de mordazas (13), que se aplica sobre anillos (15, 17) que constituyen el interface de unión entre el lanzador y el satélite, y está dotado de un dispositivo de unión-separación (41, 61, 71) de sus extremos (7, 9), que incluye un elemento bloqueador (47) de los mismos y medios (48) para desbloquearlo, caracterizado porque:

a) también comprende medios (19) para tensar radialmente el conjunto banda (11) - mordazas (13) que consisten en una pluralidad de elementos empujadores (19) de las mordazas (13) dispuestos a lo largo de su perímetro, consistiendo dichos elementos empujadores (19) en tornillos (19) cooperantes con tuercas (21) ubicadas en taladros pasantes (23) dispuestos en la banda (11);

b) el dispositivo de unión-separación (41, 61, 71) también comprende un mecanismo que comprende cuatro articulaciones unidas por tres elementos rígidos, es decir, un soporte central (33) paralelo a la banda (11) y dos bielas laterales (35) formando un ángulo ( $\beta$ ) con el soporte central (33) tal que este mecanismo permite una apertura controlada de la banda (11) en dos fases, en la primera de las cuales, los extremos (7, 9) de la banda (11) se desplazan manteniéndose en contacto con los anillos (15, 17), disipándose por fricción la energía elástica correspondiente al tensado de la banda (11), y en la segunda de las cuales la banda (11) se separa de los anillos (15, 17) hasta alcanzar su posición de aparcamiento.

2. Aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite según la reivindicación 1, caracterizado porque el número de tornillos (19) por mordaza (13) está comprendido entre 1 y 3.

3. Aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de unión-separación (41) también comprende un soporte (43) de masa M y dos bielas (45) unidas articuladamente a él y a los extremos (7, 8) de la banda (11) que permite que, una vez desbloqueado el elemento retenedor (47), los extremos (7, 8) de la banda (11) se desplacen, en una primera fase, de manera tangencial a los anillos (15, 17) hasta que disipe la energía elástica correspondiente al tensado de la banda (11) y, en una segunda fase, se desplacen en sentido radial a dichos anillos (15, 17) hasta alcanzar su posición de aparcamiento.

4. Aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de unión-separación (61) también comprende un soporte (63) de masa M con dos ranuras de guiado (65) de unos ejes (67) unidos a los extremos (7, 8) de la banda (11) que permite que, una vez desbloqueado el elemento retenedor (47), dichos ejes (67) se desplacen, en una primera fase, por la primera parte (68) de dicha ranura de guiado (65) configurada para disipar la energía elástica correspondiente al tensado de la banda (11) y, en una segunda fase, se desplacen por la segunda parte (69) de dicha ranura de guiado (65) configurada para orientar el movimiento de la banda (11) hasta su posición de aparcamiento.

5. Aparato de conexión-separación de un lanzador y un satélite según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de unión-separación (71) también comprende un soporte (73) de masa M con unas ranuras (75) configuradas para que unos ejes (77) unidos a los extremos (7, 8) de la banda (11) puedan estar situados en dos posiciones (78, 79) de manera que una vez desbloqueado el elemento retenedor (47), dichos ejes (77) se desplacen, en una primera fase, de la primera posición (78), sin holgura, hasta la segunda posición (79) venciendo la resistencia opuesta por el separador (76) hasta disipar la energía elástica correspondiente al tensado de la banda (11) y, en una segunda fase, se desplacen por la segunda posición (79) hasta su posición de aparcamiento.

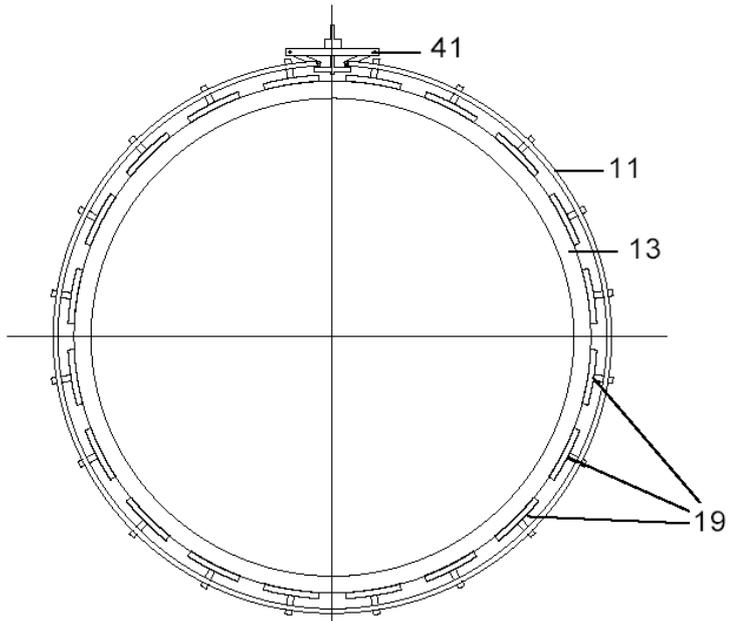


FIG. 1

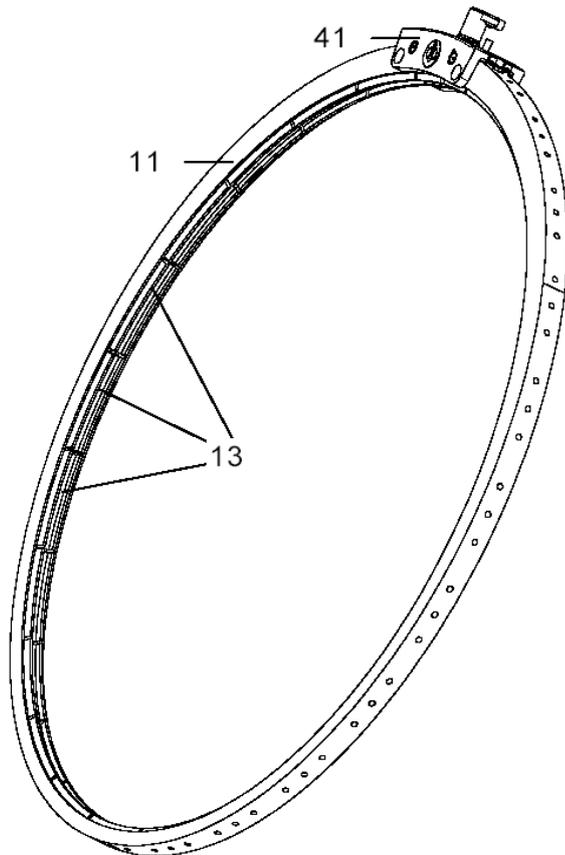


FIG. 2

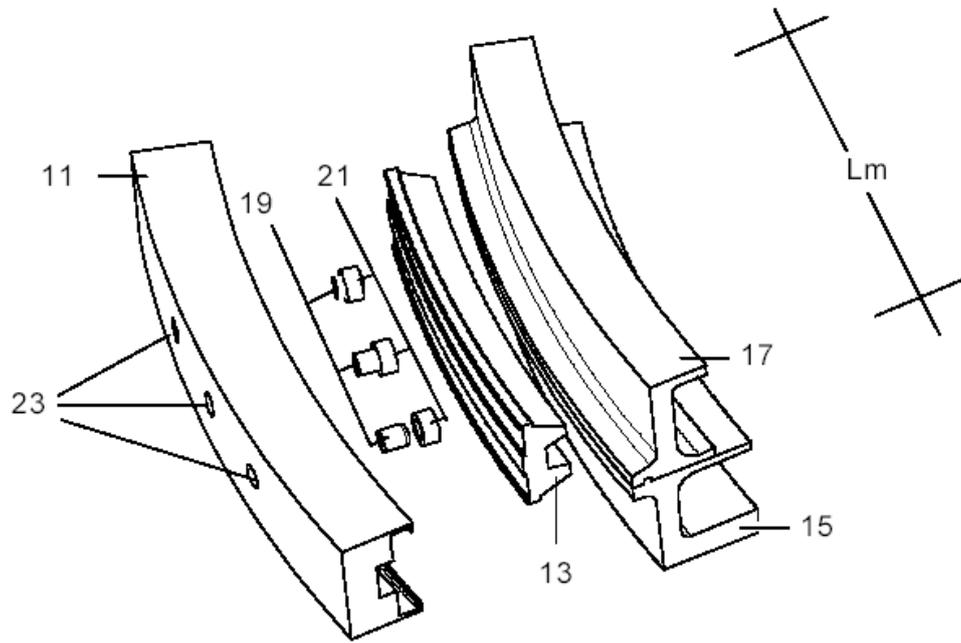


FIG. 3a

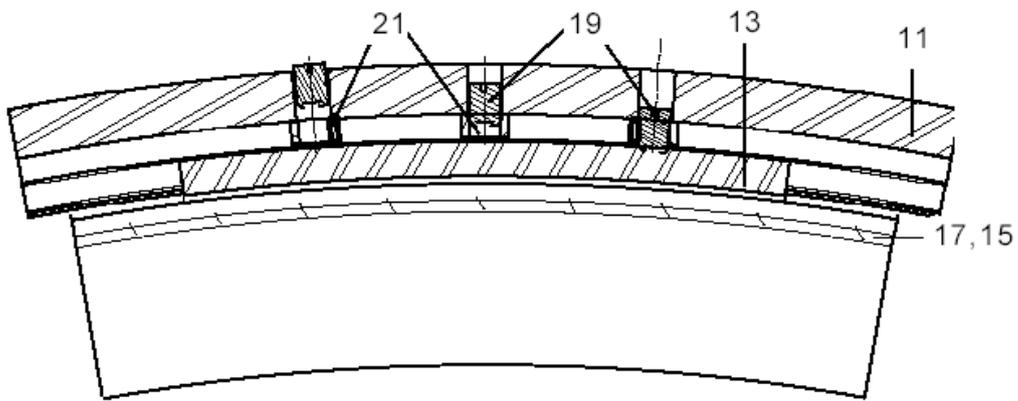


FIG. 3b

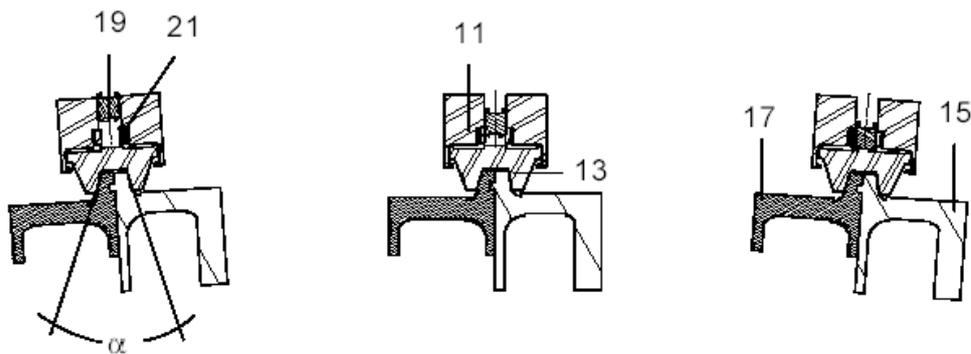


FIG. 3c

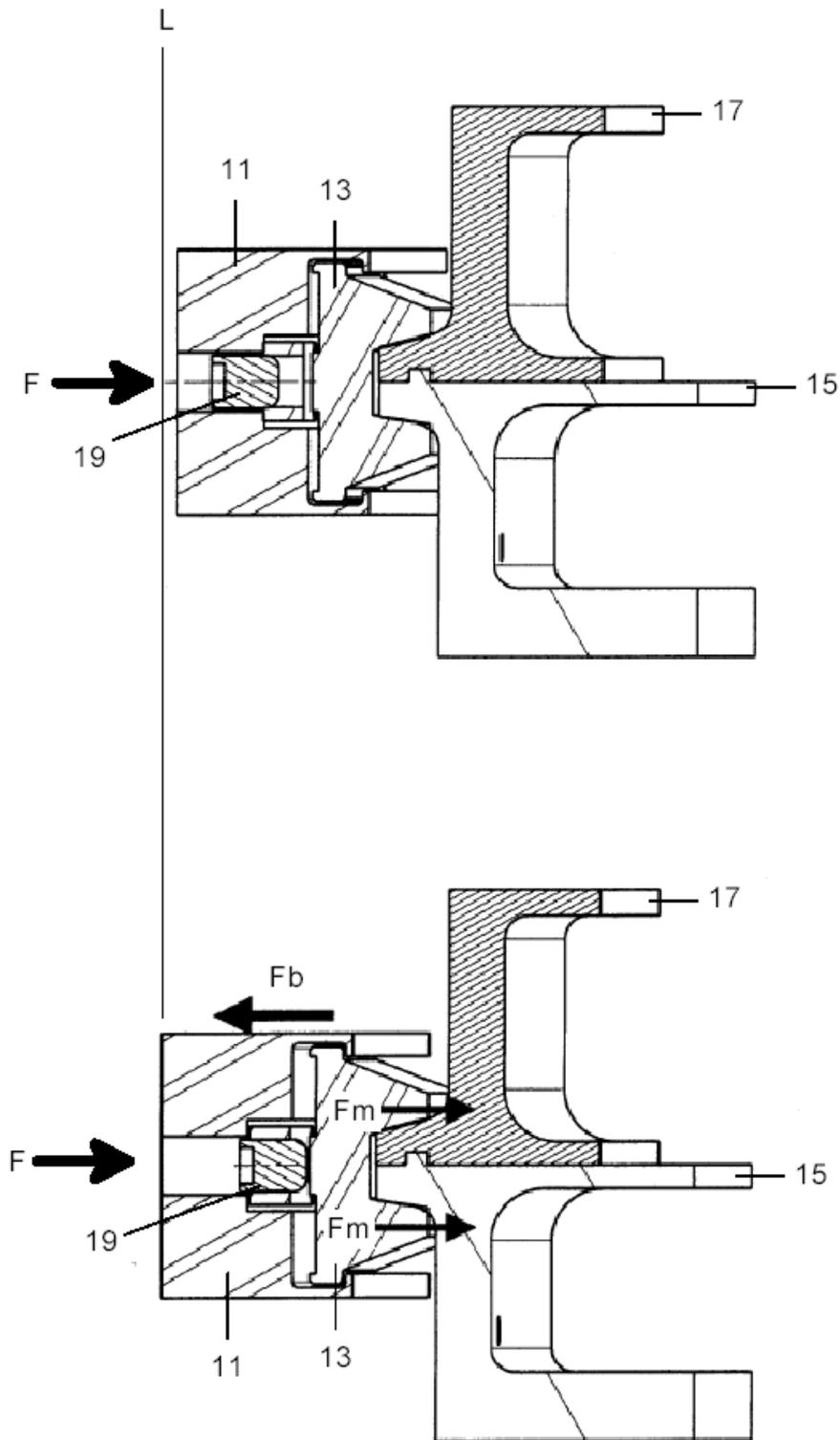


FIG. 4

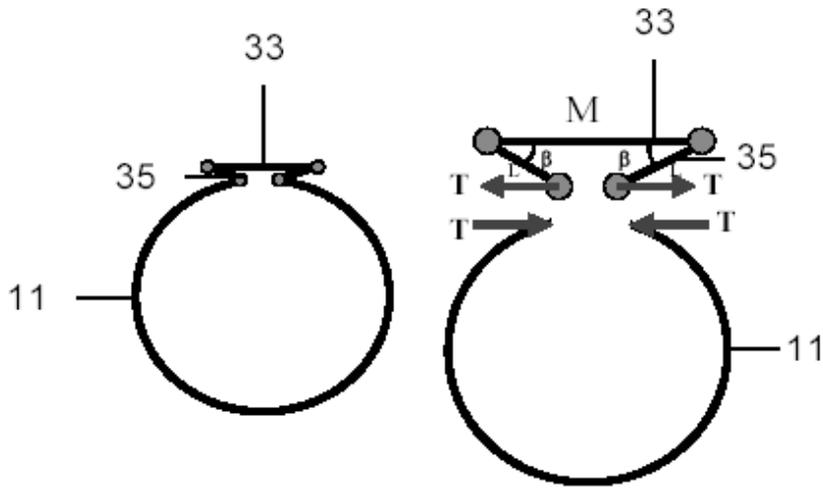


FIG. 5a

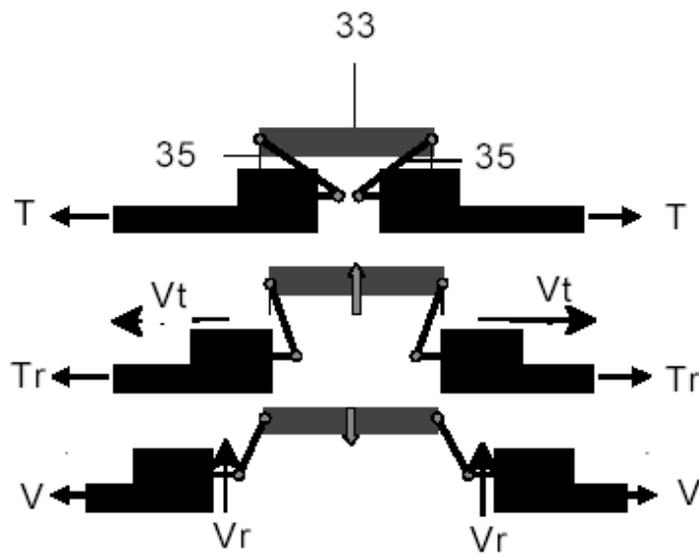


FIG. 5b

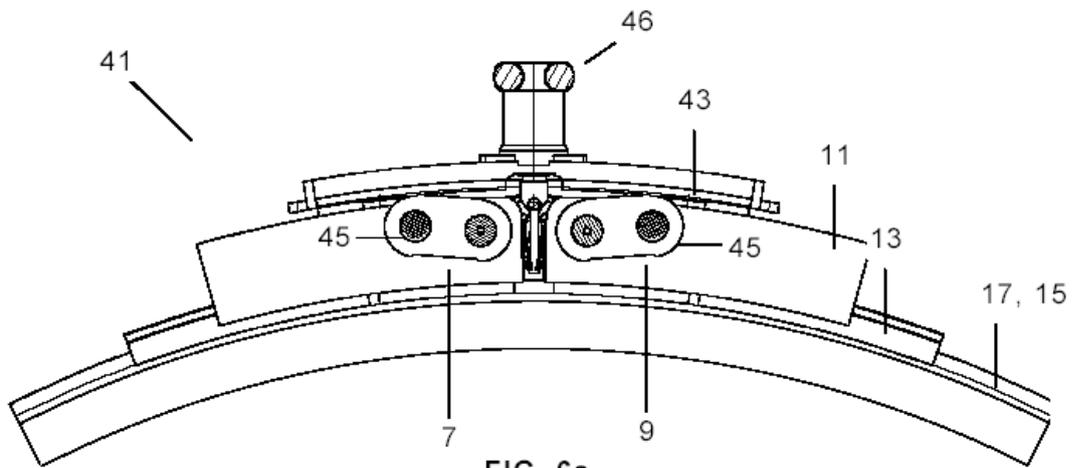


FIG. 6a

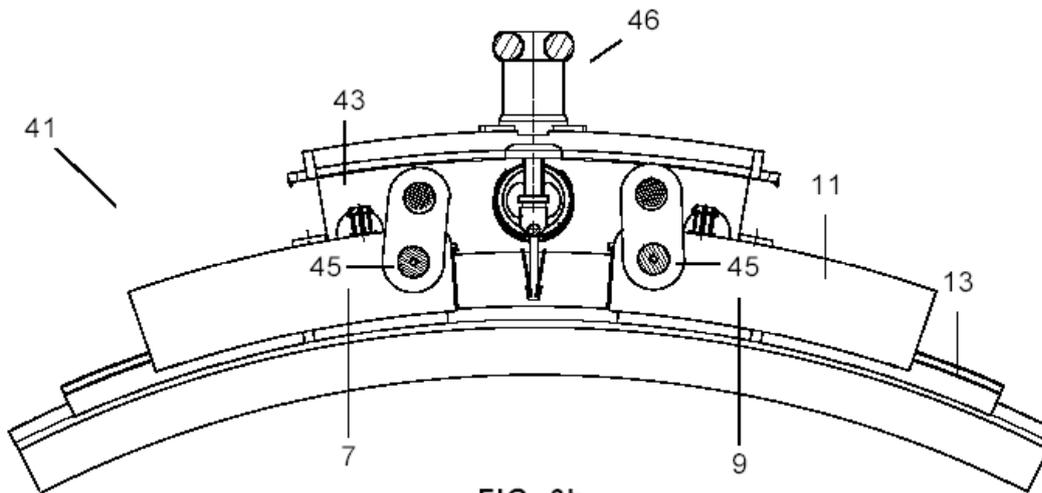


FIG. 6b

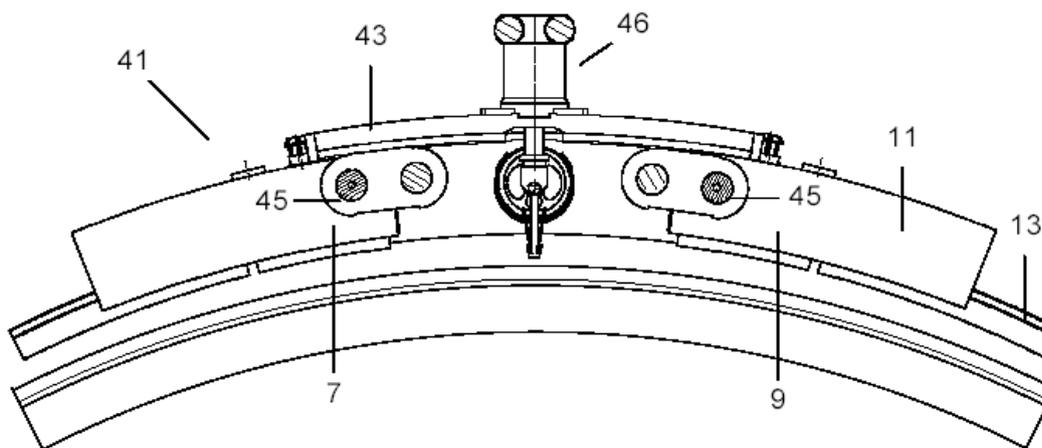


FIG. 6c

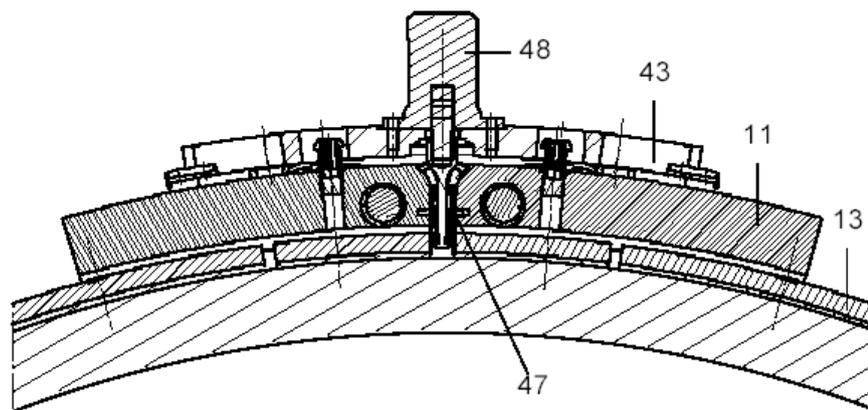
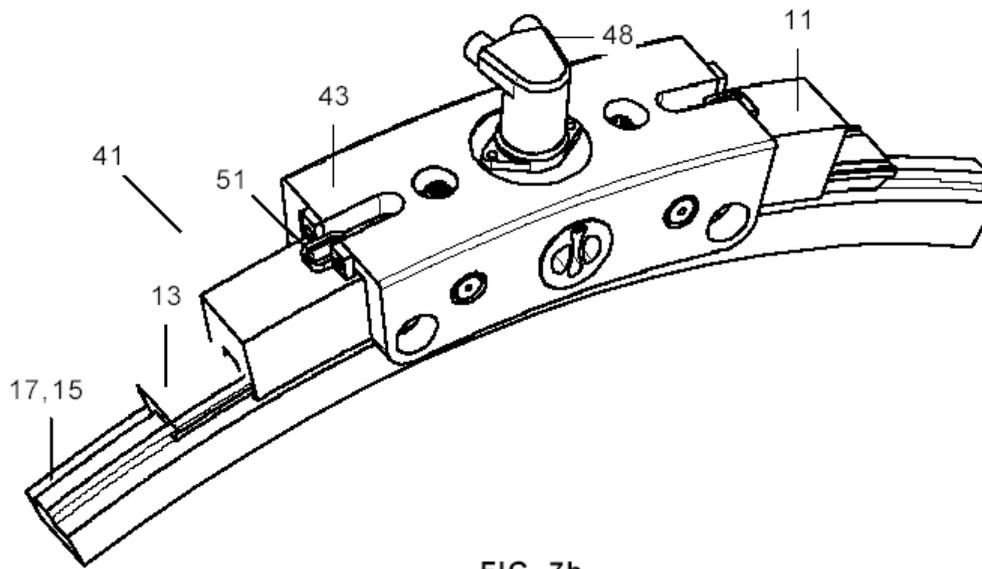
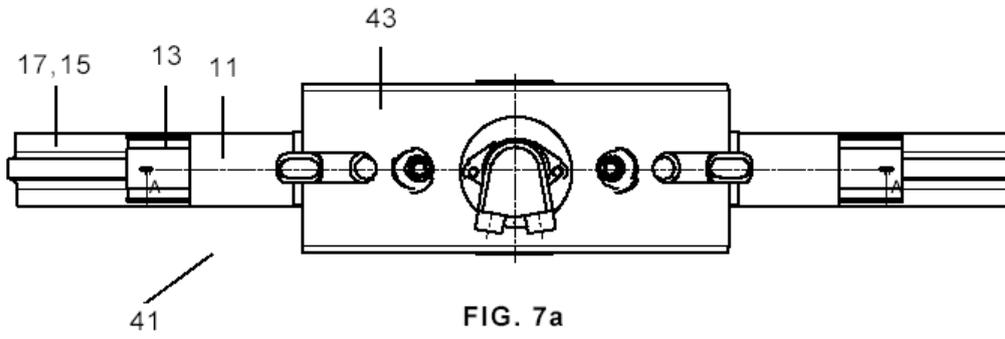


FIG. 7c

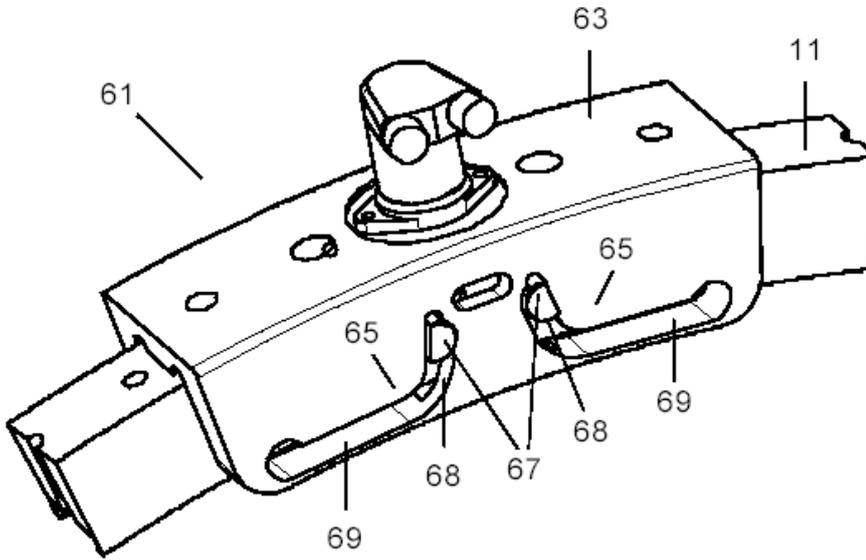


FIG. 8a

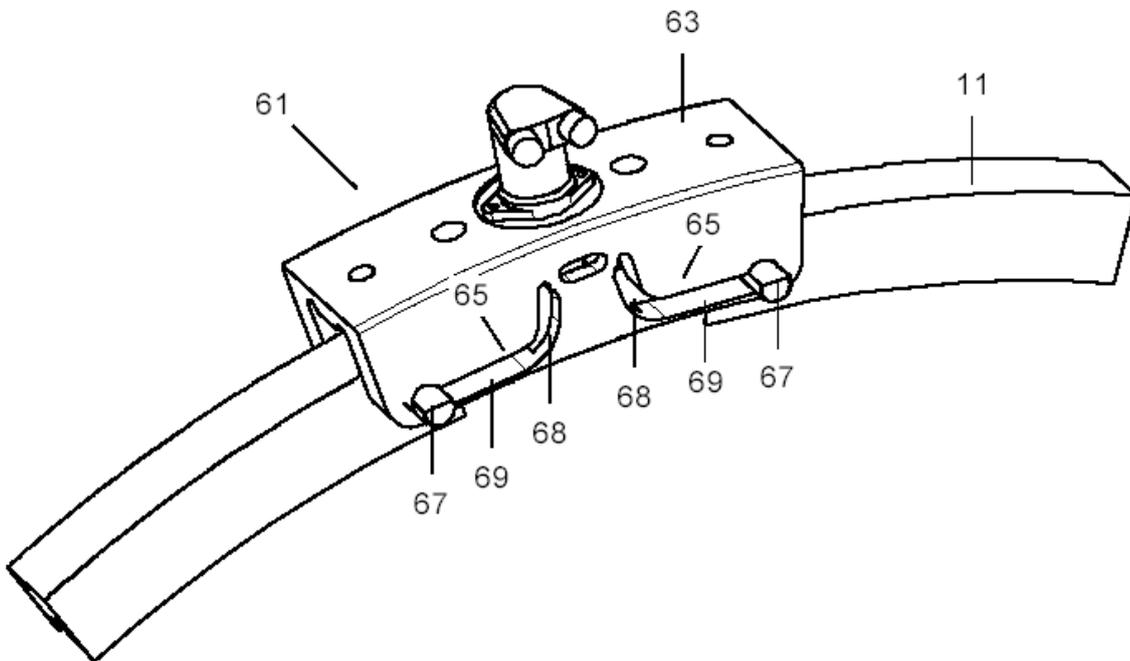


FIG. 8b

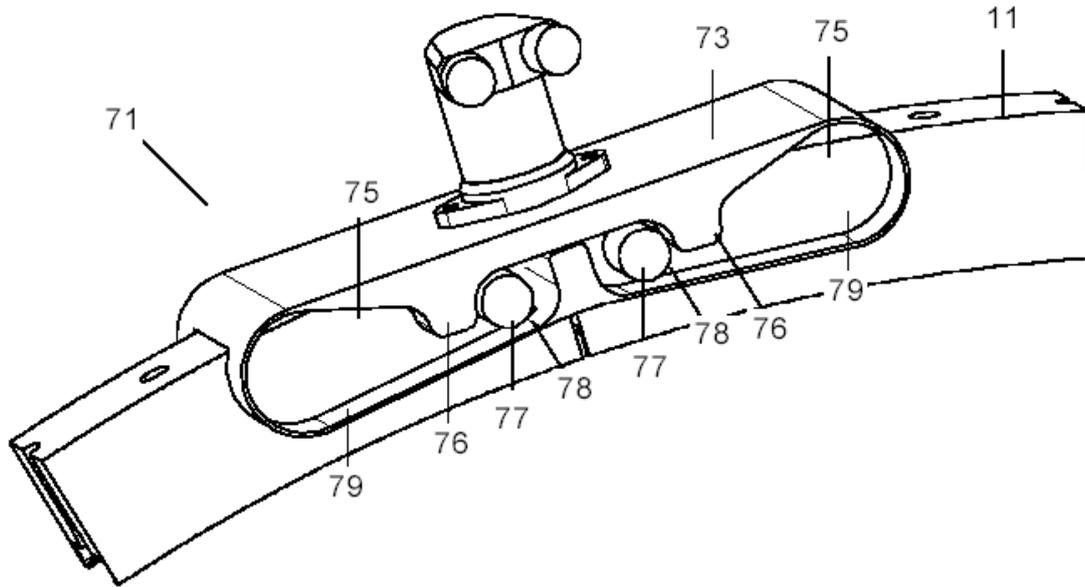


FIG. 9a

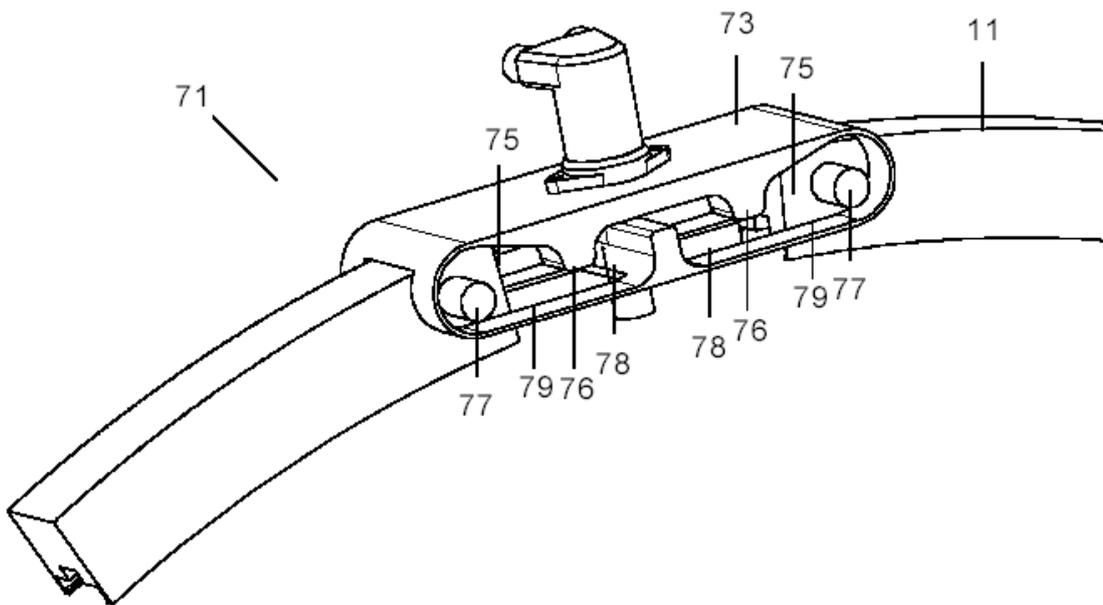


FIG. 9b