

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 404**

51 Int. Cl.:

B64G 99/00 (2009.01)

G06F 17/50 (2006.01)

B64G 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2015** **E 15156365 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** **EP 3061692**

54 Título: **Método para repartir con la ayuda de un órgano un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2018

73 Titular/es:
**SOCIÉTÉ ANONYME BELGE DE
CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES, S.A.B.C.A.
(100.0%)
Chaussée de Haecht, 1470
1130 Bruxelles, BE**

72 Inventor/es:
DEMUYSERE, PIERRE

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 674 404 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para repartir con la ayuda de un órgano un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar

5 La presente invención concierne a un método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar, teniendo la primera y la segunda parte componente, cada una, características de rigidez predeterminadas.

10 Numerosos son los ámbitos en los cuales la repartición de los flujos de tensiones mecánicas en una estructura formada por partes componentes o de los flujos transmitidos de una pieza componente a otra tiene una importancia tal que la misma justifica un estudio específico y/o una adaptación de las piezas o partes concernidas. Los objetivos de la repartición de los flujos son diversos y se resumen generalmente en la necesidad de limitar las tensiones en la o las partes concernidas. Esta necesidad de reducir las tensiones locales se encuentra cada vez mas frecuentemente, en particular en las partes componentes que comprenden materiales compuestos muy poco tolerantes a las concentraciones de tensiones.

15 Las técnicas utilizadas actualmente para controlar o repartir las tensiones locales son esencialmente el trabajo sobre la arquitectura general de las estructuras, el estudio sobre su configuración geométrica, un reparto estudiado de sus espesores o rigidizadores, o también la adición de piezas o partes estructurales.

20 Por ejemplo, en el lanzador civil Ariane 4 de la Agencia Espacial Europea (ESA) y que forma parte de la familia de los lanzadores europeos Ariane, al menos dos propulsores laterales están anclados al segmento inferior del lanzador. Estos propulsores están compuestos por dos depósitos unidos por un faldón interdepósitos, de un faldón trasero y de un faldón delantero. Entre el depósito trasero y el faldón trasero se sitúa la interfaz faldón/depósito trasera. El anclaje de estos propulsores al segmento inferior del lanzador es realizado por un dispositivo de anclaje localizado en el faldón trasero de los propulsores laterales. Para evitar el dañado del depósito trasero, ha sido necesario repartir los flujos de tensión que transitan por la interfaz faldón/depósito trasero. La solución técnica considerada ha sido dar a la parte del faldón que une el dispositivo de anclaje a la interfaz faldón/depósito trasero un espesor variable. Desgraciadamente, esta solución ha aumentado sensiblemente la complejidad de producción de la estructura del faldón trasero.

En el caso del anclaje de los propulsores de refuerzo del Atlas V, el lanzador americano desarrollado a finales de los años 1990, han sido necesarios accesorios específicos en forma de V. Esta solución técnica ha recargado y complicado la estructura de la primera etapa del lanzador.

30 La solicitud de patente DE 10 2005 060 557 describe un procedimiento de cálculo que permite tener en cuenta el efecto del dañado en la modelación de una unión entre dos piezas de construcción. Utilizando una malla y una carga se procede a una simulación por elementos finitos. Se calcula la tensión producida en un elemento de volumen y se verifica si la unión resiste la tensión.

35 La solicitud de patente CN 103 150 486 describe un método para determinar un factor de reducción de una capacidad de carga de una estructura en cáscara sometida a una compresión axial. A tal fin se introducen imperfecciones en una cáscara perfectamente cilíndrica para evaluar el comportamiento en estabilidad de la estructura.

40 El hecho de proponer estructuras más complejas hace difícil la construcción de tales estructuras aumentando así su coste de producción. El hecho de recargarles reduce su rendimiento. Este aumento de complejidad y de masa va acompañado generalmente del recurso a las soluciones conocidas, las cuales imponen en general intervenir directamente sobre al menos una de las partes componentes, lo que generalmente provoca problemas en esta parte componente.

45 La invención tiene por objetivo paliar los inconvenientes citados proporcionando un método que permita obtener una repartición predeterminada de un flujo de tensiones en función de la finalidad del ensamblaje que haya que realizar sin complicar ni recargar las piezas o partes componentes que forman dicho ensamblaje y sin tener que modificar sensiblemente la geometría de las partes componentes. La misma permite además mejorar el comportamiento mecánico de las citadas partes componentes repartiendo las tensiones locales y así mejorar los márgenes de seguridad de tales partes o dar la posibilidad de reducir su masa.

50 A tal fin, el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención comprende las etapas de:

- elegir entre la primera y la segunda parte componente una parte inicial correspondiente a aquélla en la que deberá aplicarse una fuerza predeterminada y correlacionada con la tensión y una parte receptora, que es la otra que la elegida como parte inicial;

ES 2 674 404 T3

- modelar la parte inicial y al menos una de las características de rigidez de la parte receptora con la ayuda de una simulación numérica por elementos finitos y determinar así un modelo numérico que comprende la fuerza y las condiciones límites asociadas a las partes modeladas;
- 5 - identificar una interfaz entre la parte inicial y la parte receptora, cuya interfaz representa una superficie de contacto cuando la parte inicial y la parte receptora están en contacto una con la otra;
- determinar en la parte receptora, o la parte inicial, o bien en la parte inicial y en la parte receptora una zona crítica en la que se busca una modificación del flujo;
- 10 - determinar en la interfaz una zona de modificación en la que se introducirá un órgano susceptible de obtener la modificación del flujo de tensión en la zona crítica y determinar en esta zona de modificación una posición de origen a nivel de una posición en la que se aplicará la fuerza que induce la tensión;
- elegir, en función de la modificación del flujo que haya que aplicar, el órgano entre tipos predeterminados de órganos;
- 15 - determinar en el modelo numérico y en función de la modificación del flujo que haya que aplicar, variables asociadas al tipo de órgano determinado, cuyas variables definen las propiedades que permiten la modificación del flujo que haya que aplicar;
- determinar para cada una de las variables asociadas al tipo de órgano determinado un valor inicial para obtener un conjunto de variables iniciales;
- calcular, haciendo uso del modelo numérico, el valor máximo inicial del flujo de la tensión en la zona crítica,
- 20 - a partir del valor inicial de las variables, modificar el valor de las variables asociadas al tipo de órgano determinado para obtener un valor subsiguiente de las variables;
- calcular, utilizando el valor subsiguiente de las variables en el modelo numérico, el valor máximo subsiguiente del flujo en la zona crítica,
- comparar el valor máximo subsiguiente del flujo con el valor máximo inicial del flujo en la zona crítica y seleccionar el mas pequeño de los dos valores;
- 25 - por iteración, modificar el valor subsiguiente de las variables y, utilizando cada vez el valor subsiguiente modificado de las variables así determinado, calcular el valor máximo subsiguiente del flujo en la zona crítica, y repetir cada vez la comparación para así obtener el valor máximo más pequeño del flujo,
- definir a partir del valor subsiguiente de las variables que haya conducido al valor máximo más pequeño del flujo el órgano que modifica el flujo de tensión en la zona crítica.
- 30 Modelar la parte inicial y al menos una de las características de rigidez de la parte receptora utilizando elementos finitos permite determinar un modelo numérico y calcular numéricamente el comportamiento de las partes componentes y su ensamblaje, por ejemplo por ecuaciones parciales lineales. Este modelo a base de elementos finitos permite por tanto analizar el comportamiento mecánico del ensamblaje con la ayuda de gráficos que presentan la transmisión de tensiones y teniendo en cuenta las condiciones a nivel de la interfaz entre cada parte así
- 35 como aquéllas en el lugar en que se aplica la fuerza predeterminada. Esta modelación utiliza códigos de cálculos para que el modelo sea así fiel a las condiciones reales del ensamblaje y que el problema en estudio pueda ser analizado considerando todo el conjunto en las condiciones reales.
- La determinación de la zona crítica permite modelar el problema identificando la parte del ensamblaje afectada directamente por la aplicación de la fuerza predeterminada y el efecto que esto provoca en el conjunto visto de
- 40 manera integral. Determinando en la interfaz una zona de modificación en la que puede ser introducido un órgano susceptible de obtener la modificación del flujo de la tensión en la zona crítica, es posible introducir en el modelo numérico un modelo de este órgano y la zona en la que el mismo será introducido, para así determinar la configuración de este órgano. Además el órgano es elegido entre tipos determinados de órganos al cual es asociado un tipo predeterminado de variables que permite, modificándolas, hacer variar la configuración del órgano para
- 45 aproximarse a la configuración deseada del flujo. Partiendo de un valor inicial de las variables asociadas al tipo de órgano y haciendo, por iteración, variar este valor inicial es posible encontrar la combinación de variables que dé el valor máximo más pequeño del flujo y así deducir del mismo la geometría y el tipo de órgano. Esta determinación se hace por iteraciones sucesivas comparando los resultados de las diferentes iteraciones, o por optimización automática cuando el software utilizado lo permite, o bien por ponderación de un perfil particular de holgura en la
- 50 interfaz. La holgura es uno de los tipos predeterminados de variable asociada a un tipo predeterminado de órgano. En este caso, se trata de una pequeña separación entre las partes componentes destinada a ser rellenada durante la aplicación de la carga.

De esta manera, el órgano puede ser mecanizado según los valores obtenidos por el modelo y el órgano así determinado permite obtener el mejor reparto de flujo de tensión transmitida. Así, el método de acuerdo con la invención se considera un medio eficaz para modificar los flujos interviniendo muy poco sobre las partes componentes ensambladas. La modificación de flujo en una estructura única puede hacerse simplemente por una separación de la estructura en dos partes componentes a fin de aportar el órgano entre las partes componentes.

El método puede ser realizado por la actual capacidad de los códigos de cálculos para tratar modificaciones dimensionales mínimas (del orden de la centésima de milímetro), y por la utilización de medios de producción controlados numéricamente que permiten obtener la gran precisión necesaria para el mecanizado de órgano según los resultados obtenidos para el mejor reparto del flujo, es decir aquél que ha dado el valor máximo más pequeño del flujo.

Cuando se logra el objetivo de reducir el valor máximo del flujo, es decir el mejor reparto del flujo que evita el efecto de las tensiones locales, se obtiene una mejora del comportamiento de las estructuras con respecto al pandeo, esto puesto que se reduce el nivel de tensión en los lugares más críticos.

Así pues, el método desarrollado constituye un medio simple y poco caro para modificar la distribución de los flujos en las estructuras que comprenden partes componentes ensambladas, y la misma presenta así una herramienta que permite la optimización en resistencia y/o en masa de estas estructuras. De esta manera, la inserción de un órgano tal como el obtenido por el método evita la complejidad de las partes componentes o recurrir a estructuras adicionales pesadas y caras.

El proceso iterativo del método permite por tanto la determinación de un conjunto de configuraciones, cada una con un reparto del flujo específico, proporcionado así un medio para evaluar y analizar el interés de estos diferentes valores de flujo repartidos a fin de elegir el mejor reparto. Esto con respecto a los criterios previamente establecidos como por ejemplo, el coste del conjunto, el riesgo de rotura de las partes componentes, la complejidad del órgano, las dimensiones de las partes componentes y de la estructura ensamblada, etc.

La condición de mejor reparto del flujo se determina por un análisis caso por caso, es decir para el caso tratado en particular, teniendo en cuenta los parámetros y condiciones de la primera y segunda parte componente que haya que ensamblar.

Una primera forma de realización preferente del método de acuerdo con la invención está caracterizada por que los tipos predeterminados de órgano son una cala, o un conjunto de calas, de espesor variable, o una cala, o un conjunto de calas, de rigidez variable, o bien elementos de ensamblaje de rigidez variable. Se cubre así una amplia elección de tipos de órganos, que además son fáciles de interponer entre las partes componentes o de utilizar para su ensamblaje.

Una segunda forma de realización preferente del método de acuerdo con la invención está caracterizada por que las variables asociadas al tipo de órgano son características de rigidez, o características de holgura, o bien una función matemática que describe el reparto de estas características. Por la rigidez, por ejemplo formada por una cala de rigidez variable o elementos de ensamblaje de rigidez variable, es posible actuar sobre la compresión, o sobre la tracción entre las partes componentes. Por la holgura, por ejemplo formada por una cala de espesor variable, es posible actuar sobre la compresión.

De manera ventajosa, en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención, las variables asociadas a la representación de la holgura en los modelos son las de holgura, o de los coeficientes de elasticidad. Diferentes parámetros pueden ser tomados en consideración en el modelo, según el ensamblaje bajo estudio, y estos parámetros por tanto pueden ser representados por diferentes efectos sobre la zona de modificación.

Una tercera forma de realización preferente del método de acuerdo con la invención está caracterizada por que se modela definiendo una primera geometría de la primera parte componente y una segunda geometría de la segunda parte componente con la ayuda de una simulación numérica por elementos finitos, los cuales están representados por elementos y nudos. Esto da la posibilidad de modelar ensamblajes, incluso aquéllos que tengan estructuras complejas, de una manera simple y de utilizar programas informáticos conocidos. La utilización de nudos permite modelar de una manera simple las partes componentes y sus bordes, las condiciones límites, y sus zonas de contacto cuando las mismas son ensambladas. Los nudos de la parte inicial y de la receptora a nivel de la interfaz están situados preferentemente uno enfrente del otro formando pares de nudos entre los cuales pueden ser introducidas holguras que representan la separación física local entre las partes ensambladas, cuando el órgano interpuesto genera holguras, o bien elementos que representan las características locales de rigidez, cuando el órgano añadido tiene características de rigidez variable.

Una cuarta forma de realización preferente del método de acuerdo con la invención está caracterizada por que el órgano está formado por holguras, y por que la determinación del valor inicial de las variables es realizada retirando a nivel de la interfaz en el modelo la unión perpendicular entre las partes componentes, calculando a continuación una deformación de las partes componentes bajo el efecto de la carga para obtener una curva de interpretación

entre la parte inicial y la parte receptora, siendo determinado el valor inicial de las holguras para cada par de nudos en la zona de modificación con la ayuda de la citada curva de interpenetración. Se obtiene así la curva de interpenetración no uniendo, en la zona de interfaz en la que se van a introducir las holguras, los modelos de las partes componentes. Esto da entonces un perfil de referencia registrando los resultados de los cálculos, la interpenetración de estos modelos de las partes componentes. El valor inicial de las variables de la holgura puede ser determinado entonces a partir de esta curva de interpenetración.

Preferentemente después de haber determinado el valor inicial se remite entonces al modelo de unión perpendicular entre las partes componentes, y se introduce el órgano en el modelo teniendo en cuenta este valor inicial para a continuación determinar la curva de flujo. Esto permite determinar una curva de flujo en presencia del órgano. Ventajosamente se hace variar entonces el flujo multiplicando el perfil de referencia obtenido por el valor inicial de las variables por un valor variable de ponderación que va preferentemente de 0,0 a 1,0 por pasos de 0,1. Para cada una de estas ponderaciones, se calcula el modelo y se analiza y compara la tensión en la zona crítica a fin de encontrar la ponderación particular que permite una reducción predeterminada del flujo de la tensión en esta zona crítica. Esta ponderación particular permite determinar el perfil de holgura óptimo. La práctica muestra que en la mayoría de los casos las iteraciones llegan como mucho hasta seis y que lo óptimo, la optimización del reparto de flujo, se obtiene cuando el valor de ponderación variable es próximo a 0,8.

Preferentemente en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención, la interfaz es una superficie sensiblemente perpendicular al flujo de la tensión transmitida.

De acuerdo con una forma de realización de la invención en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar, la holgura está representada por un desplazamiento limitado entre cada par de nudos enfrentados. Estas holguras están disponibles en varios códigos de cálculo (NASTRAN (marca registrada) por ejemplo). Estas holguras permiten establecer en el modelo las condiciones de distribución de esfuerzos o de tensiones que experimentan las partes componentes cuando las mismas son ensambladas y sometidas a la aplicación de la fuerza crítica. Esto permite modelar las condiciones reales cuando las partes son físicamente ensambladas. La modelación de las condiciones reales permite llegar a una configuración de las partes componentes que haya que ensamblar que tenga el comportamiento deseado, y esto, sin tener que efectuar un mecanizado físico en cada iteración del proceso de ensayo/error.

Ventajosamente, en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención, el órgano está formado por una pieza intercalar, un conjunto de piezas intercalares o un conjunto de elementos de ensamblaje. Así pues, el órgano es determinado con respecto al problema tratado y puede estar formado por una o varias piezas según las necesidades.

De acuerdo con una forma ventajosa del método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención, el órgano está formado por una pieza, o un conjunto de piezas, cuyo espesor es dos órdenes de magnitud más pequeño que la dimensión de las partes que haya que ensamblar. Así, en un ensamblaje en el cual las partes componentes tienen una dimensión en metros, el órgano puede presentar un espesor típico de 2 milímetros a 50 milímetros, pero de modo más especial de 5 milímetros a 20 milímetros. Lo que muestra que se puede utilizar un órgano muy fino con respecto a las partes componentes para un reparto de flujo óptimo. Así pues, un órgano fino entre las partes componentes evita cambios en las propias partes componentes, es decir tener que modificar la geometría de las partes componentes, haciéndolas más pesadas y/o más complejas.

En particular, de acuerdo con una forma de realización particular del método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la invención, el órgano presenta un espesor o una rigidez que varía en la longitud del órgano. Así, el órgano puede consistir en una o varias partes que presenten diferentes espesores o rigideces y puede adaptarse a las condiciones predeterminadas según el modelo y el análisis realizado. Por ejemplo, se puede combinar una capa de aluminio y una capa de elastómero. Si el espesor de la capa de aluminio varía, y el de la capa de elastómero varía igualmente, de modo que la suma de los dos espesores sea constante, se habrá realizado un órgano cuya rigidez es variable a lo largo de su dimensión principal y cuyo espesor es constante. Esto aumenta la elección de las configuraciones disponibles para determinar y fabricar el órgano en función de las condiciones del ensamblaje deseadas.

Preferentemente en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar se determina si la primera parte componente y la segunda parte componente deben ser ensambladas por pretensión, y si este es el caso se integra un conjunto de fijaciones apropiadas entre la primera parte componente y la segunda parte componente. Esto se realiza según los criterios predeterminados en función del ensamblaje que haya que realizar (tensión en los elementos de unión, tensiones locales alrededor de estos elementos, riesgo de corrosión bajo tensión, riesgo de fluencia,...) y de aceptabilidad de la holgura (presencia de una abertura entre las estructuras, deformación de la estructura en

- servicio, ...). En efecto, en numerosos casos, y en particular los ensamblajes con tornillos, será posible, eligiendo los tornillos de fijación y su apriete, rellenar la holgura formada por la pieza de distribución, y así crear un campo de tensión opuesto al generado por la carga que se considere. Esto permite evitar las discontinuidades entre las estructuras y aplicar a las fijaciones pretensiones compatibles con las buenas prácticas. En este caso, procede tener en cuenta esta pretensión en la verificación y el análisis de las estructuras unidas y de sus fijaciones.
- En particular, en el método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar, los elementos de fijación entre la primera y la segunda parte componentes son cuidadosamente elegidos teniendo en cuenta las características del ensamblaje. En su caso, será necesario el recurso a elementos que permiten evitar problemas ligados a las fijaciones, tal como la utilización de arandelas Belleville (arandelas muelle) u otros elementos de mantenimiento elásticos, o el recurso a tuercas autofrenadas.
- Se describirá ahora la invención más en detalle con la ayuda de los dibujos que ilustran formas de realización preferida del método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar. En los dibujos:
- 15 las figuras 1 y 2 ilustran el conjunto faldón/depósito de un propulsor lateral de un lanzador espacial cuyo faldón está sometido a una fuerza F ;
- la figura 3 ilustra una zona de modificación en la interfaz entre dos partes componentes;
- la figura 4 representa la modelación con la ayuda de una simulación numérica por elementos finitos representados por líneas y nudos de una primera y una segunda parte componente;
- 20 la figura 5a ilustra un reparto del flujo de la tensión en una zona crítica, sin dispositivo de reducción de flujo, y la figura 5b ilustra tres diferentes repartos del flujo de la tensión en la zona crítica después de modificación de la interfaz, y la figura 5c ilustra reparto del flujo sin dispositivo de reducción del flujo comparado con un reparto teóricamente óptimo del flujo en la zona crítica;
- 25 la figura 6 ilustra una curva de interpenetración de las partes componentes según la coordenada curvilínea de la interfaz;
- la figura 7 muestra de acuerdo con un modo de realización de la invención cuando la variable asociada al tipo de órgano es una holgura, tres diferentes curvas del flujo de tensión para diferentes repartos de holgura, definidas por un reparto inicial ponderado;
- 30 la figura 8 ilustra una curva en continuo que muestra valores de flujo máximo con respecto a valores de ponderación que van de 0,5 a 1 cuando la variable asociada al tipo de órgano es una holgura;
- las figuras 9 a 12 ilustran de manera esquemática el flujo de tensión que transita entre dos estructuras cilíndricas de espesor uniforme, las estructuras de la derecha en las figuras presentan el efecto sobre el flujo de un órgano de espesor variable, que crea una distribución de holgura entre las partes componentes;
- 35 la figura 13 ilustra la interposición entre las partes componentes ensambladas de un órgano o de un conjunto de órganos de espesor variable;
- la figura 14 ilustra un órgano creado directamente en una de las caras contiguas de las partes componentes ensambladas;
- las figuras 15 y 16 ilustran la interposición entre las partes componentes ensambladas de un órgano de rigidez variable;
- 40 la figura 17 ilustra la interposición entre una de las partes componentes ensambladas y los elementos de fijaciones de un órgano de espesor variable, estando sometido el ensamblaje a una fuerza de tracción;
- la figura 18 ilustra la interposición entre una de las partes componentes ensambladas elementos de fijación que son arandelas muelle de rigideces y de espesores variables, estando sometido el ensamblaje a una fuerza de tracción,
- 45 la figura 19 ilustra la utilización de una arandela muelle denominada Belleville para evitar la pérdida de tensión en las fijaciones,
- las figuras 20 y 21 ilustran las tensiones longitudinales en función de la carga aplicada, respectivamente sin y con un órgano;
- la figura 22 muestra un órgano interpuesto entre dos partes componentes realizadas físicamente, y

la figura 23 muestra el efecto sobre el flujo por la aplicación de una holgura que evoluciona según un perfil sinusoidal entre las dos partes del ejemplo de la figura 22.

En los dibujos una misma referencia ha sido atribuida a un mismo elemento o a un elemento análogo.

5 La presente invención concierne a un método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente. A fin de definir el marco de la invención, se la ilustra por un ejemplo elegido en un campo de aplicación directa de esta invención. Se trata del anclaje de los propulsores laterales en un lanzador espacial 10, una fracción del cual está ilustrada en las figuras 1 y 2. Estas últimas ilustran un conjunto de un faldón 13 y de un depósito 12 del propulsor lateral 10 del lanzador espacial en el cual el faldón está sometido a una fuerza F. Entre el faldón y el depósito esta interpuesto un órgano 9, en este caso un anillo de espesor variable, que permite repartir el flujo de tensión impuesta por la fuerza F y transmitida del faldón al depósito. Este órgano permite reducir el valor máximo de la tensión impuesta al depósito. En la presente invención el valor de la tensión hace referencia esencialmente a flujos de esfuerzos sobre las interfaces que unen las dos partes componentes, a saber el faldón y el depósito, las cuales forman el ensamblaje formado a su vez por el propulsor lateral 10. Este valor puede ser en particular el del tensor de tensión que describe las tensiones generadas por la fuerza F, tensor proyectado sobre la normal a una interfaz 3 entre las dos partes componentes. Este valor puede igualmente ser un escalar asociado a este tensor. Así pues, el flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente, a saber el faldón, y una segunda parte componente, a saber el depósito, que haya que ensamblar, constituye la cantidad de fuerza por unidad de superficie o por una unidad de longitud según la modelación elegida.

20 Debe observarse que durante el estudio de las estructuras, el término tensión puede ser formalizado matemáticamente de diferentes maneras. Un tensor de tensión es una representación utilizada en mecánica de los medios continuos para caracterizar el estado de tensión, es decir los esfuerzos internos puestos en juego entre las partes deformadas del medio.

25 En el caso de sollicitación simple como la tracción / compresión, la flexión o la torsión, la tensión puede estar representada por un escalar. Por otra parte, los softwares de cálculo por elementos finitos restituyen un mapa que representa la tensión equivalente, que a su vez es también un escalar. Pero, para describir de modo preciso el estado de tensión, es preferible utilizar una matriz 3x3 o tensor.

30 Los códigos de cálculos que pueden ser utilizados para realizar el análisis del comportamiento mecánico del ensamblaje de las partes componentes, y para obtener los resultados de la modelación de acuerdo con la invención, son por ejemplo NASTRAN, ABAQUS, ANSYS (marcas registradas).

35 La figura 2 ilustra también esquemáticamente un dispositivo de anclaje 11 de propulsor lateral (no representado en la figura), cuyo dispositivo de anclaje está localizado en el faldón 13 del lanzador espacial 10. El empuje aplicado por la fuerza F del propulsor es transmitido localmente al cuerpo central a través del dispositivo de anclaje 11 fijado al faldón 13. El faldón está situado debajo de depósito 12. En razón de la aplicación puntual del empuje F y por el hecho de que el depósito 12 y el faldón 13 están unidos uno al otro, el depósito 12 es sometido a tensiones locales muy importantes. De acuerdo con la técnica anterior, es necesario, entonces reforzar la zona cargada que se encuentra en la interfaz entre el faldón 13 y el depósito 12. Por el hecho de que el depósito 12 presenta en general un espesor constante, el conjunto del depósito 12 es el que se encuentra recargado. Se comprende, pues, el interés en repartir lo más posible los flujos de la tensión transmitida por el empuje F y que transitan a partir del faldón 13 hacia el depósito 12 para evitar recargar el lanzador espacial 10. De esta manera, para repartir el flujo se propone, de acuerdo con la invención, introducir un órgano, en este caso un anillo 9, entre el faldón 13 y el depósito 12. La figura 2 muestra la inserción, de acuerdo con la invención del órgano 9 en una zona de modificación 6. En el ejemplo, el órgano 9 está formado por un anillo de espesor variable que permite repartir el flujo de la tensión transmitida por la aplicación del empuje F y por tanto reducir su valor de un valor de flujo máximo a preferentemente un valor de flujo mínimo. El reparto del flujo puede comprenderse como la extensión de la integral del flujo a lo largo de la interfaz entre el faldón 13 y el depósito 12.

50 El análisis del tal problema de tensiones locales que depende de la aplicación de una carga o fuerza a una de las partes componentes que haya que ensamblar y el análisis de la tensión del flujo de tensiones entre las partes componentes se realiza según condiciones y parámetros predeterminados del ensamblaje concernido. Por ejemplo, las tensiones sobre el ensamblaje pueden ser analizadas bajo el efecto de los esfuerzos de compresión, o bajo los efectos de tracción. Estos análisis se realizan en buena práctica por medio de los modelos numéricos que utilizan elementos finitos, pudiendo así obtener resultados repetibles y fiables. Pueden citarse diferentes obras de referencia como por ejemplo « De la CAO au calcul » de Jean-Charles Craveur y Domimnique Marceau, ed. DUNOD; « A finite Element Primer », NAFEMS, Ed. E. HINTON; « Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis », NAFEMS, Ed. E. HINTON; « Les règles de calcul des assemblages », VDI 2230, Verein deutscher, Ed. PI MECA.

55 Concretamente, se trata de modelar las partes componentes que haya que ensamblar y sus condiciones límites, y en particular en la interfaz 3 entra las dos partes cuando las mismas son ensambladas, y de simular la aplicación de la fuerza F. A continuación, después de haber lanzado un análisis del modelo, se registra como resultado del análisis

el flujo de tensión a lo largo de la interfaz 3 entre las partes componentes inicial y receptora, y los niveles de tensión en la parte receptora.

5 Preferentemente, las partes componentes serán estructuras delgadas cuya dimensión geométrica de espesor es típicamente de una a tres órdenes de magnitud inferior a las otras dimensiones geométricas. Además, la componente principal de la fuerza F será preferentemente aplicada en una dirección esencialmente perpendicular a la dirección geométrica del espesor de la parte componente en la que es aplicada y sin generar momento importante.

10 Más en detalle y de acuerdo con el método reivindicado, a fin de realizar esta modelación, se elige entre la primera y la segunda parte componente una parte inicial, por ejemplo la primera parte 1 correspondiente a aquélla en la que deberá ser aplicada una fuerza F predeterminada y correlacionada con la tensión y una parte receptora, en este caso la parte 2, que es la otra que la elegida como parte inicial 1 (véase la figura 3). En el ejemplo de las figuras 1 y 2, la parte inicial estaría formada por el faldón 13 y la parte receptora por el depósito 12.

15 A continuación se modela la parte inicial 1, y al menos una de las características de rigidez de la parte receptora, con la ayuda de un modelo numérico por elementos finitos. En la figura 4, la modelación de las dos partes componentes, inicial 1 y receptora 2, está representada en el estado en que las partes son ensambladas. La simulación por elementos finitos permite por tanto representar el ensamblaje de las partes componentes 1 y 2 por líneas y nudos 7 y 8. Esta modelación permite determinar el modelo numérico que comprende la fuerza F y condiciones límites asociadas a las partes modeladas. Por condiciones límites se entiende la representación del efecto sobre la parte modelada del medio exterior a la parte modelada.

20 Con la ayuda de este modelo se va a estudiar la interfaz 3 entre la parte inicial 1 y la parte receptora 2 que representa una superficie de contacto cuando estas partes inicial 1 y receptora 2 están en contacto una con la otra. La interfaz 3 es una superficie sensiblemente perpendicular al flujo de la tensión transmitida. En la figura 4 esta interfaz 3 está representada por una línea de puntos que separa la parte inicial 1 y la parte receptora 2. Las filas de nudos 7 de la parte inicial 1 y las filas de nudos 8 de la parte receptora 2 a nivel de la interfaz 3 están situadas una enfrente de la otra para representar su interfaz.

25 A continuación, se determina en la parte receptora 2 una zona crítica 10 cuya modelación de tensión se desea. Después de haber determinado esta zona crítica 10, se identifica en la interfaz 3 una zona de modificación 6 en la que se introducirá un órgano 9 susceptible de modificar el flujo de la tensión transmitida en la zona crítica 10. La determinación de esta zona de modificación 6 será dependiente del caso específico considerado y de la dirección de la fuerza F inducida en las partes así como de su composición y su rigidez. Se determina en esta zona de modificación 6 una posición O de origen a nivel de la posición en la que será aplicada una F que induce la tensión.

30 En el ejemplo descrito la zona de modificación 6 es plana con respecto al flujo. La zona de modificación 6 es el emplazamiento en que podrá interponerse físicamente el órgano 9 que modificará la distribución del flujo. Por ejemplo, en la figura 3 se observa que este órgano 9 corresponde a un anillo de espesor variable. En este ejemplo el anillo está modificado en 30° a una y otra parte a partir de la posición O de origen situada a nivel de la aplicación de la fuerza F. Se coloca el anillo en la interfaz 3 en la zona de modificación 6 entre la parte inicial 1 y la parte receptora 2.

35 El órgano 9 puede ser una pieza intercalar o un conjunto de piezas intercalares. Además, el órgano 9 puede presentar un espesor o una rigidez que varían en su longitud. La variación obtenida por el órgano 9 puede encontrarse en el espesor o en la rigidez de este órgano 9. Los otros parámetros del órgano 9 que son la altura o la anchura son definidos en función del problema específico que haya que tratar. Esta variación de espesor es generalmente pequeña, típicamente, la misma puede estar limitada a una decena de milímetros por metro de longitud de la zona de modificación 6. Este órgano 9 es por tanto preferentemente delgado, por ejemplo de espesor de dos órdenes de magnitud más pequeño que la dimensión de la componente inicial 1 en una dirección paralela a la de la fuerza. Así, en un ensamblaje en el cual las segundas partes componentes tengan una dimensión en metros, el órgano puede presentar un espesor típico, de 2 milímetros a 50 milímetros, pero de modo más especial de 5 milímetros a 20 milímetros. Lo que muestra que puede utilizarse un órgano muy fino con respecto a las partes componentes para un reparto de flujo óptimo.

40 Así pues, estos órganos presentan un espesor o una rigidez que permiten obtener el reparto optimizado del flujo establecido por el método descrito. El mejor perfil deseado del órgano 9 es el que permite aproximarse lo más posible a los resultados esperados en zona crítica 10 del análisis realizado según el método de acuerdo con la invención.

45 El órgano 9 es elegido entre tipos predeterminados de órganos 9 y a cada tipo de órgano 9 se asocia un tipo predeterminado de variables que definen la modificación del flujo obtenido por la introducción del órgano en la zona de modificación. El tipo de órgano 9 será determinado en función de la modificación del flujo que haya que aplicar. Los tipos predeterminados de órgano 9 son preferentemente una cala de espesor variable, o una cala de rigidez variable, o elementos de ensamblaje de rigidez variable, o bien una holgura. Preferentemente las variables asociadas al tipo de órgano son variables de rigidez, o variables de holgura. Las variables asociadas al tipo de

órgano colocado en la interfaz están preferentemente representadas en el modelo numérico por elementos finitos que son elementos de holgura lineales, o elementos de holgura no lineales, o bien por elementos que tengan propiedades de elasticidad individualizados.

5 El tipo de órgano 9 será determinado en función de la modificación del flujo que haya que aplicar. Después de esto se determinan en el modelo numérico los pares de nudos 7 y 8 en que serán definidas las variables asociadas al tipo de órgano 9 determinado en función de la modificación del flujo que haya que aplicar. En la zona de modificación 6 se introducirá entre cada par de nudos enfrentados una holgura o una rigidez, según el tipo de órgano predeterminado, perpendicular al plano de interfaz y cuyo valor se considera como una de las variables. Esto permite introducir el tipo de órgano 9 elegido así como estas variables en la zona de modificación 6 y utilizando el modelo numérico. En cada uno de los citados pares de nudos se determina a continuación un valor inicial de la variable asociada al tipo de órgano 9 determinado para obtener un conjunto de variables iniciales. Se inicializa así un valor para el tipo de órgano 9 elegido, valor que a continuación se podrá hacer variar.

10 Haciendo uso del modelo numérico y del valor inicial de las variables del órgano (en el ejemplo descrito, el valor inicial de las holguras introducidas es nulo), se calcula el valor máximo inicial de la curva 50 del flujo de la tensión en la zona crítica 10 situada alrededor del punto de origen O (visible en la figura 5a). A partir del valor inicial de las variables, se modifica el valor de las variables asociadas al tipo de órgano 9 determinado para obtener un valor subsiguiente de las variables. A continuación, utilizando el valor subsiguiente de las variables en el modelo numérico, se calcula de nuevo la curva de flujo y se obtiene así un valor máximo subsiguiente de la curva del flujo en la zona crítica 10, ilustrado por la curva de flujo 51 visible en la figura 5b. Esto permite determinar el valor máximo subsiguiente del flujo en la zona crítica 10 haciendo variar el valor de las variables asociadas al tipo de órgano 9 elegido.

15 El valor máximo subsiguiente del flujo (curva 51) es comparado después con el valor máximo inicial de la curva 50 del flujo en la zona crítica 10 para seleccionar entre estos valores el más pequeño de los dos. Por iteración se modifica entonces el valor subsiguiente de las variables y, utilizando cada vez el valor subsiguiente de las variables así determinado, se calcula el valor máximo subsiguiente del flujo en la zona crítica 10. La comparación se repite cada vez para así obtener el valor máximo más pequeño del flujo. En la figura 5b el valor máximo más pequeño del flujo es el ilustrado por la curva 52. La optimización consiste en la búsqueda del reparto óptimo de estas holguras a lo largo de la interfaz 3. El reparto óptimo es el que minimiza el flujo máximo. A partir del valor subsiguiente de las variables que haya conducido al valor máximo más pequeño del flujo, se determina a continuación la configuración del órgano 9 modificando el flujo de tensión en la zona crítica 10. Naturalmente esta búsqueda no se hace aleatoriamente, sino que la modificación de las variables se hace analizando el efecto de los cambios precedentes de las variables sobre el valor máximo del flujo en la zona crítica 10. Numerosos softwares (Boss quatro, Optistruc, ... (marcas registradas) permiten buscar de manera automática este óptimo en el valor máximo del flujo.

20 Este método requiere no obstante un número importante de variables que es necesario hacer variar en paralelo. Este método es posible utilizando optimizadores automáticos, pero es más difícil efectuando las modificaciones una tras otra sin algoritmo específico. Para salvar esta exigencia, se propone un método alternativo simple, se trata de identificar un conjunto de valores iniciales de las variables del órgano 9 y en aplicar después un factor de ponderación al conjunto de estos valores. Esto permite entonces tener solamente un solo parámetro que haya que hacer variar.

25 Prácticamente, se procede de la manera siguiente: se simula en el modelo, sin introducir órgano entre las partes componentes, la fuerza F predeterminada a nivel de la posición O de origen. La fuerza F simulada es la que es transmitida de la parte inicial 1 a la parte receptora 2 (en el ejemplo del faldón 13 al depósito 12) que están en contacto una con la otra. Se calcula entonces en la parte crítica 10 del modelo (en el ejemplo esta zona esta situada a nivel de la interfaz 3) una primera curva 50 del flujo de la tensión para la fuerza F en cuestión. Se determina en esta primera curva 50 su valor máximo, que en el ejemplo tomado en la figura 6 es de aproximadamente 3500 N/mm. Se identifica a continuación una zona en la que se podrá introducir el órgano, por ejemplo formado por una holgura susceptible de modificar el flujo. En el ejemplo, la zona de modificación 6 útil está formada por la totalidad de la zona en la que transita el flujo y la misma vale aproximadamente 1000 mm.

30 La curva 53 ilustrada en la figura 5c es el reparto teóricamente óptimo del flujo en la zona crítica 10. La física del problema implica que la totalidad debajo de esta curva es igual al valor del esfuerzo F, y por tanto que durante un reparto óptimo el flujo permanece constante. Si se considera que toda la zona en la que transita el flujo es la zona de modificación 10, lo óptimo se consigue con un flujo constante tal como el representado en la curva 53. Una comparación entre la primera curva 50 y la tercera curva 53 permite concluir que es posible repartir el flujo sobre esta longitud de zona crítica y reducir el valor máximo del flujo. Tratándose sin embargo de una reducción teórica, la experiencia nos permite concluir que en realidad se puede esperar obtener un flujo repartido que presenta un valor de típicamente alrededor de 1,2 veces el valor del flujo idealmente repartido. Así pues, en el ejemplo ilustrado el valor de corrección puede ser determinado en $1,2 \times 1250$ N/mm, o sea 1500 N/mm.

35 La obtención de la primera curva 50 y de la tercera curva 53 permite comparar el valor del flujo repartido idealmente con el del flujo registrado en el modelo del ejemplo tratado, a fin de evaluar el interés de este reparto del flujo con respecto a los otros criterios previamente establecidos. Estos criterios pueden ser el coste, el riesgo de rotura, las

dimensiones de las partes componentes, ... Esta comparación permite también tener en cuenta en el modelo y en el análisis la complejidad generada por la introducción del órgano 9 de espesor variable (como en el ejemplo descrito previamente).

5 Un modo preferente para determinar un conjunto de valores iniciales de las variables en el caso en que el órgano esté formado por holguras, es retirar a nivel de la interfaz en el modelo la unión perpendicular entre las partes componentes. Se calcula a continuación la deformación de las partes componentes bajo el efecto de la carga F . Se determina así una curva 4 de interpenetración entre la parte inicial 1 y la parte receptora 2, como está ilustrado en la figura 6. Esta curva 4 de interpenetración da para cada par de nudos de la zona de modificación 6 un valor inicial para las holguras.

10 Se restablece después la unión perpendicular entre las partes componentes en la interfaz y se introduce en la misma el órgano utilizando el valor inicial para las holguras (curva 4) obtenido previamente. Se determina la curva de flujo reiterando el cálculo e imponiendo en la zona de modificación 6 holguras cuyo valor vale el valor inicial de las holguras multiplicado por un coeficiente de ponderación k_i . Se realiza el cálculo para diferentes valores de k_i , en particular para valores que van de 0, es decir sin holgura, a 1,0, preferentemente por pasos de 0,1. Se obtienen, como ilustra la figura 7, diferentes curvas de flujo de la tensión según cada vez el valor k_i de ponderación elegido. Esta figura muestra tres diferentes curvas de flujo en una zona crítica 10. Estas curvas presentan diferentes valores de ponderación. $k_1 = 0,0$, $k_2 = 0,5$, y $k_3 = 0,8$. La curva que presenta una ponderación igual a $k_1 = 0,0$ es la misma curva que la obtenida durante el ejemplo tomado en la figura 5a y que presenta un máximo de flujo, a saber 3500 N/mm en el ejemplo elegido. En este caso, los pares de nudos 7 y 8 (véase la figura 4) en la interfaz 3 no resultan afectados por la ponderación lo que quiere decir que en el modelo las dos partes componentes están bien ensambladas, bien en contacto, y por tanto que no hay holguras. En la figura 7, se observan también otras dos curvas, una para un valor de ponderación igual a $k_2 = 0,5$ y la otra para un ponderación igual a $k_3 = 0,8$. Si se comparan estas tres curvas obtenidas se observa fácilmente que el mejor reparto de flujo con respecto a la zona de modificación 6 es el que se obtiene con un valor de ponderación igual a 0,8, siendo el máximo de la curva en el ejemplo elegido de 1500 N/mm. El flujo de la tensión está mucho mejor repartido en la curva que presenta un máximo de 1500 N/mm que en la curva que presenta un máximo de 3500 N/mm.

La figura 8 ilustra valores de flujo máximo para valores de ponderación que van de 0,5 a 1,0. El objetivo de este gráfico es permitir la selección del valor de k_i de ponderación que da el valor de flujo máximo mas bajo. En el ejemplo tratado este valor es el valor de la holgura lineal optimizada que es aplicado a los pares de nudos de la interfaz 3 y que es igual a 0,8 y por tanto 0,8 es la holgura optimizada que permite el mejor reparto del flujo de la tensión transmitida. El mejor reparto del flujo es obtenido generalmente para un valor de ponderación de aproximadamente 0,80.

La curva 4 utilizada para obtener el valor inicial de las holguras constituirá el punto de partida para determinar la geometría del órgano. De esta manera se va a multiplicar la curva 4 por el factor de ponderación óptimo para determinar la geometría del órgano 9 que haya que introducir entre las partes componentes a fin de obtener el mejor reparto del flujo. Se podrá así mecanizar el órgano 9 que será interpuesto entre las partes componentes, esto retirando el espesor correspondiente en una de las partes componentes, o introduciendo entre las partes componentes una pieza intercalar en la que se habrá retirado, por mecanizado, la geometría del órgano 9.

El método reivindicado permite repartir los flujos de tensión transmitida entre una primera componente y una segunda componente ensambladas modificando estas partes lo menos posible y aportando a las mismas el órgano 9. La práctica demuestra que el reparto del flujo en el ensamblaje de partes componentes provoca una mejora del comportamiento de las estructuras ensambladas con respecto al pandeo. Este resultado demuestra que es posible reducir el nivel de tensión en los lugares más críticos. Esto muestra igualmente que el método constituye, además de un medio simple y poco caro de modificación de distribución de flujo en las estructuras o ensamblajes, una herramienta que puede contribuir a su optimización en resistencia o en masa.

Además, hay que determinar si el ensamblaje debe ser pretensado o no, o parcialmente, según los criterios predeterminados en función del ensamblaje que haya que realizar, como por ejemplo la tensión en los elementos de unión, las tensiones locales alrededor de estos elementos, el riesgo de corrosión a consecuencia de la tensión, el riesgo de pandeo, etc ..., y de aceptabilidad de la holgura (presencia de una abertura entre las estructuras, deformación de la estructura en servicio, desplazamiento del punto de aplicación de la carga en servicio,...). En efecto, en numerosos casos, y en particular en los ensamblajes con tornillos, será posible, eligiendo los tornillos de fijación y su apriete, rellenar la holgura formada por el órgano, y así crear en las partes componentes un campo de tensión opuesto al generado por la que se aplicará posteriormente. Esto permite evitar las discontinuidades entre las estructuras y aplicar a las fijaciones pretensiones compatibles con las buenas prácticas. En este caso, hay que tener en cuenta esta pretensión en la verificación y el análisis de las estructuras ensambladas y de sus fijaciones.

Ciertos aspectos deben considerarse particularmente. Un caso clásico es la utilización de pares tornillos/tuercas para asegurar el ensamblaje de las piezas. En este caso, es necesario tener en cuenta la pérdida de tensión en las fijaciones durante la aplicación de las cargas. Hay que verificar que en cada uno de los casos de carga, el ensamblaje no contravenga las reglas de buena práctica (por ejemplo una tensión insuficiente en los tornillos, que no impida su desatornillado en servicio). Cuando proceda, será necesario el recurso a elementos de recuperación, tal

como la utilización de las arandelas Belleville (arandelas muelle) u otros elementos de mantenimiento elásticos, o el recurso a tuercas autofrenadas.

Las figuras 9 a 12 ilustran el principio de repartición del flujo de manera puramente esquemática. La figura 12a ilustra el flujo no repartido cuando la primera 1 y la segunda 2 componente están ensambladas (en la figura descrito como flujo máximo sin órgano). La figura 12b ilustra que cuando un órgano 9 (también comprendido como una irregularidad en una zona de modificación 6 en la interfaz 3) está presente, el flujo (descrito como flujo máximo con órgano en la figura) está más repartido y el impacto de la fuerza que se reparte sobre las partes componentes ensambladas es menos importante que en el caso en que el órgano no está presente. Se comparan, para diversos niveles de carga (véase la figura 9: F/4, figura 10: F/2, figura 11: 3/4F, y figura 12 la fuerza F crítica), los flujos de tensiones longitudinales que transitan entre dos estructuras cilíndricas, de espesor uniforme, de las cuales una está cargada localmente. El conjunto de las dos estructuras formadas por las partes componentes está, en el ejemplo, empotrado a nivel de la cara superior 6 y libre en la parte inferior. La figura 13 ilustra esquemáticamente una primera 1 y una segunda 2 componente ensambladas una a la otra para formar un ensamblaje 19.

Durante la aplicación de una carga F pequeña, la presencia de una holgura entre las dos piezas tiene por efecto naturalmente separar en dos porciones las partes afectadas por el flujo. El principio de equilibrio de las fuerzas hace que en este contexto, la integral de la curva de flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente es igual a la fuerza F aplicada. Cuando el ensamblaje de las dos partes componentes no presenta órgano 9 (a la izquierda en las figuras 9 a 12) el flujo de una componente transmitida entre la primera componente y la segunda componente es simple y afecta a una zona limitada de la interfaz 3 (efecto observado localmente). La introducción de una holgura de forma sinusoidal tal como la representada en la figura de la derecha en las figuras 9 a 12 divide en dos zonas la curva de flujo, pero sin reducir necesariamente el máximo como en las figuras 9 y 10. La holgura tiene por efecto reducir la extensión de la zona de tensión que trabaja. En las figuras 11 y 12, se constata que aumentando la fuerza aplicada, la holgura tiene tendencia a rellenarse, pero manteniendo en la parte componente 2 un campo de tensión que tiene por efecto repartir el flujo. La introducción del órgano 9 provoca así una reducción del flujo máximo.

La figura 13 ilustra la interposición de un órgano 9 o de un conjunto de órganos de espesor variable entre las partes componentes ensambladas no cargadas. Las secciones A-A, B-B y C-C ilustran la manera en la cual el órgano 9 presenta un espesor variable entre las partes componentes. En la sección C-C se observa que la parte inicial 1 y la parte receptora 2 están en contacto una y la otra con el órgano 9 sin la presencia de una zona vaciada 20. En la sección B-B se observa que el órgano 9 está totalmente en contacto con la parte receptora 2 pero que una zona 20A ligeramente vaciada se encuentra entre el órgano y la parte inicial 1. Y en la sección A-A se observa que el órgano 9 está totalmente en contacto con la parte receptora 2 pero que una zona 20B vaciada se encuentra entre el órgano y la parte inicial 1.

La figura 14 ilustra un órgano 9 creado directamente en una de las caras contiguas de las partes componentes ensambladas no cargadas. Es decir que la parte receptora 2 presenta un vaciado 21B, 21A y 21. En la sección C-C se observa que las dos partes componentes están totalmente en contacto 21 una con la otra. En la sección B-B se observa que una zona 21A ligeramente vaciada está presente entre la parte inicial 1 y la parte receptora 2. Y en la sección A-A se observa que una zona 21B vaciada se encuentra entre la parte inicial 1 y la parte receptora 2.

Las figuras 15 y 16 ilustran la interposición del órgano 9 de rigidez variable entre las partes componentes ensambladas no cargadas: Si el órgano 9 está compuesto de una parte 9A hecha de material cuyo módulo elástico es superior al de la parte 9B, se constata fácilmente que la sección A-A tendrá una rigidez inferior que la de la sección B-B más inferior todavía que la de la sección C-C.

Los ensamblajes presentes en las figuras 13 a 15 son sometidos a una fuerza de compresión. Estando indicado esto en las figuras por una flecha apuntando hacia la parte superior de la página.

La figura 17 ilustra el ensamblaje de las partes componentes, de un órgano 9 o de un conjunto de órganos 9 de espesor variable, y elementos de fijación, estando el ensamblaje no cargado, pero configurado para ser sometido a una fuerza de tracción (estando indicado esto en la figura por una flecha que apunta hacia la parte inferior de la página). En la figura 17 se observa igualmente la presencia de holguras que varían progresivamente de la sección A-A a la sección C-C en la que la holgura es nula.

La figura 18 ilustra el ensamblaje de las partes componentes, y sus elementos de fijación, estando el ensamblaje no cargado, pero configurado para ser sometido a una fuerza de tracción (estando indicado esto en la figura por una flecha que apunta hacia la parte inferior de la página).

La figura 18 ilustra el ensamblaje de las partes componentes con elementos de fijación, en este caso sistemas tuercas tornillos bajo cuyas cabezas se interponen arandelas muelle 26 o ensamblajes de arandelas muelle de rigideces y de espesores variables, estando sometido el ensamblaje a una fuerza de tracción. Estas arandelas son denominadas arandelas Belleville y son utilizadas para permitir hacer variar progresivamente la rigidez del ensamblaje a lo largo de la zona de modificación 6 al tiempo que mantienen una tensión en las fijaciones una vez cargadas las estructuras. La figura 19 muestra que las arandelas Belleville 26 pueden ser utilizadas igualmente para

mantener una pretensión en fijaciones tales como las utilizadas en el ejemplo de la figura 17. Las secciones A-A, B-B y C-C de la figura 18 ilustran diferentes disposiciones de las arandelas Belleville, que forman ensamblajes cada vez más rígidos.

5 Como muestra claramente la figura 20, el aumento de la fuerza F tiene como consecuencia, sin la presencia de un órgano 9, aumentar el valor del flujo en la zona crítica 10. Ésta tensión es local. El vínculo entre la fuerza F y el valor del flujo en un punto, o una zona sensiblemente reducida, y por tanto del flujo máximo, es casi lineal. Por el contrario, en el ejemplo tratado, la introducción de una holgura adecuada (óptima) tiene por efecto modificar sensiblemente la forma de la curva del flujo y su extensión, y por tanto también modificar el máximo que es bien visible en la figura 21. Así, la curva mostrada en la figura 21 muestra claramente un reparto del flujo y por tanto una
10 disminución del valor del flujo máximo.

La figura 22 ilustra un ensayo que ha sido realizado en una estructura representativa de una situación en la que se utiliza la invención. Una carga puntual importante está aplicada a una estructura cilíndrica 30. Un dispositivo 32 de reducción de flujo está interpuesto entre esta primera estructura 30 y otra estructura 31 (visible en la figura en la zona A-A). El flujo de tensión transmitida entre la primera estructura 30 y la segunda estructura 31 es medido en
15 esta segunda estructura 31 con o sin dispositivo 32 de reducción de flujo. Se comprende por dispositivo 32 de reducción de flujo un órgano 9 en el que se ha mecanizado la irregularidad descrita en el presente documento. El conjunto ha sido modelado con la ayuda de los elementos finitos. En la configuración realizada, los ensayos corroboran perfectamente la modelación. El dispositivo, no optimizado, permite una reducción del flujo máximo de más del 30%. El modelo muestra que la optimización de este dispositivo debería permitir una reducción del flujo
20 máximo de más del 60%.

La figura 23 muestra el efecto medido sobre el flujo por la aplicación de una holgura que evoluciona según un perfil sinusoidal entre las dos partes de la figura 22.

REIVINDICACIONES

1. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar, teniendo la primera y la segunda parte componente, cada una, características de rigidez predeterminadas, comprendiendo el citado método las etapas de:

- 5 - elegir entre la primera y la segunda parte componente una parte inicial (1) correspondiente a aquella en la que deberá aplicarse una fuerza (F) predeterminada y correlacionada con la tensión y una parte receptora (2) que es otra que la elegida como parte inicial (1);
- modelar la parte inicial (1) y al menos una de las características de rigidez de la parte receptora (2) con la ayuda de una simulación numérica por elementos finitos y determinar así un modelo numérico que comprende la fuerza (F) y las condiciones límites asociadas a las partes modeladas;
- 10 - identificar una interfaz (3) entre la parte inicial (1) y la parte receptora (2), cuya interfaz representa una superficie de contacto cuando la parte inicial (1) y la parte receptora (2) están en contacto una con la otra; caracterizado por que el método comprende las etapas de:
 - determinar en la parte receptora (2), o en la parte inicial (1), o en la parte inicial (1) y en la parte receptora (2) una zona crítica (10) en la que se busca una modificación del flujo;
 - determinar en la interfaz (3) una zona de modificación (6) en la que se introducirá un órgano (9) susceptible de obtener la modificación del flujo de tensión en la zona crítica (10) y se determinará en esta zona de modificación (6) una posición (O) de origen a nivel de una posición en la que se aplicará la fuerza (F) que induce la tensión;
- 15 - elegir, en función de la modificación del flujo que haya que aplicar, el órgano entre tipos predeterminados de órganos;
 - determinar en el modelo numérico y en función de la modificación del flujo que haya que aplicar, variables asociadas al tipo de órgano (9) determinado, cuyas variables definen las propiedades que permiten la modificación del flujo que haya que aplicar;
- 20 - determinar para cada una de las variables asociadas al tipo de órgano (9) determinado un valor inicial para obtener un conjunto de variables iniciales;
 - calcular, haciendo uso del modelo numérico, el valor máximo inicial del flujo de la tensión en la zona crítica (10),
 - a partir del valor inicial de las variables, modificar el valor de las variables asociadas al tipo de órgano (9) determinado para obtener un valor subsiguiente de las variables;
 - calcular, utilizando el valor subsiguiente de las variables en el modelo numérico, el valor máximo subsiguiente (51) del flujo en la zona crítica (10),
 - comparar el valor máximo subsiguiente (51) del flujo con el valor máximo inicial (50) del flujo en la zona crítica (10) y seleccionar el mas pequeño de los dos valores;
- 25 - por iteración, modificar el valor subsiguiente de las variables y calcular utilizando cada vez el valor subsiguiente modificado de las variables así determinado el valor máximo subsiguiente del flujo en la zona crítica (10), y repetir cada vez la comparación para obtener así el valor máximo más pequeño del flujo,
- 30 - definir a partir del valor subsiguiente de las variables que haya conducido al valor máximo más pequeño del flujo el órgano (9) que modifica el flujo de tensión en la zona crítica (10).

40 2. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que los tipos predeterminados de órgano (9) son una cala, o un conjunto de calas, de espesor variable, o bien una cala, o un conjunto de calas, de rigidez variable, o bien elementos de ensamblaje de rigidez variable.

45 3. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que las variables asociadas al tipo de órgano son características de rigidez, o características de holgura, o una función matemática que describe el reparto de estas características.

50 4. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que se modela definiendo una primera geometría de la primera parte componente y una segunda geometría de la segunda parte

componente con la ayuda de una simulación numérica por elementos finitos, los cuales están representados por líneas, en particular bordes de las partes componentes, y nudos.

5 5. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que las variables asociadas al tipo de órgano colocado en la interfaz están representadas en el modelo numérico por elementos finitos que son elementos de holgura lineales, o elementos de holgura no lineales, o bien elementos que tienen propiedades de elasticidad individualizados.

10 6. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que se define para el órgano un conjunto de variables iniciales y por que se determina en el modelo numérico el flujo de tensión en la zona crítica con la ayuda de este conjunto de variables iniciales y en particular el valor máximo del flujo, y por que a continuación se modifica el conjunto de las variables para determinar el flujo de tensión subsiguiente en la zona crítica, y se compara el valor máximo del flujo así obtenido con el valor máximo del flujo correspondiente a las variables iniciales, se elige el conjunto de variables que hayan dado el valor máximo más pequeño del flujo, y se reitera esta secuencia analizando el efecto de los cambios precedentes de las variables sobre el valor máximo del flujo en la zona crítica hasta obtener un valor máximo de flujo en la zona crítica inferior a un valor predeterminado apropiado para el sistema tratado.

15 7. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que la modificación de las variables se hace recurriendo a softwares que permiten buscar un valor óptimo para el valor máximo del flujo.

20 8. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que el órgano está formado por holguras, y por que la determinación del valor inicial de las variables es realizado retirando a nivel de la interfaz en el modelo la unión sensiblemente perpendicular entre las partes componentes, a continuación calculando una deformación de las partes componentes bajo el efecto de la carga para obtener una curva de interpenetración (4) entre la parte inicial y la parte receptora, siendo determinado el valor inicial de las holguras para cada par de nudos en la zona de modificación con la ayuda de la citada curva de interpenetración.

25 9. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que se reitera la deformación de la curva de flujo multiplicando cada vez el valor inicial por un coeficiente de ponderación (k_i) para obtener un conjunto de curvas de flujo, siendo determinado el órgano a partir de las variables correspondientes a la curva de flujo del citado conjunto cuyo valor máximo es el más pequeño.

30 10. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que se hace variar el coeficiente de ponderación (k_i) entre valores de 0 a 1, preferentemente por pasos de 0,1.

35 11. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que el órgano interpuesto entre las partes componentes es una cala cuyo espesor se reduce localmente del valor de las holguras que hayan permitido obtener el valor máximo más pequeño de flujo en la zona crítica (10), o que este órgano es realizado mecanizando estas holguras directamente en la interfaz de una de las partes componentes.

40 12. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que la interfaz (3) es una superficie plana aproximadamente perpendicular al flujo de la tensión transmitida.

45 13. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que el órgano (9) está formado por una pieza intercalar o un conjunto de piezas intercalares.

50 14. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado por que el órgano (9) está formado por una pieza o un conjunto de piezas, cuyo espesor es dos órdenes de magnitud más pequeño que la dimensión de las partes que haya que ensamblar.

55 15. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, caracterizado por que el órgano (9) presenta un espesor o una rigidez que varían en la longitud del órgano (9).

16. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que las

tensiones consideradas en la interfaz (3) son tensiones de tracción, y el órgano (9) comprende una serie de elementos de fijación cuya rigidez varía a lo largo de la zona de modificación (6).

5 17. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se determina si la primera y la segunda parte componente deben ser ensambladas por pretensión, y si este es el caso se integra una fijación de tipo predeterminado para ensamblar la primera y la segunda parte componente.

10 18. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que elementos de ensamblaje entre la primera y la segunda parte componente son pares tornillos/tuercas, con tuercas autofrenadas, y/o arandelas Belleville.

19. Método para repartir un flujo de una tensión transmitida entre una primera parte componente y una segunda parte componente que haya que ensamblar de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la tensión es un esfuerzo de compresión o un esfuerzo de tracción.

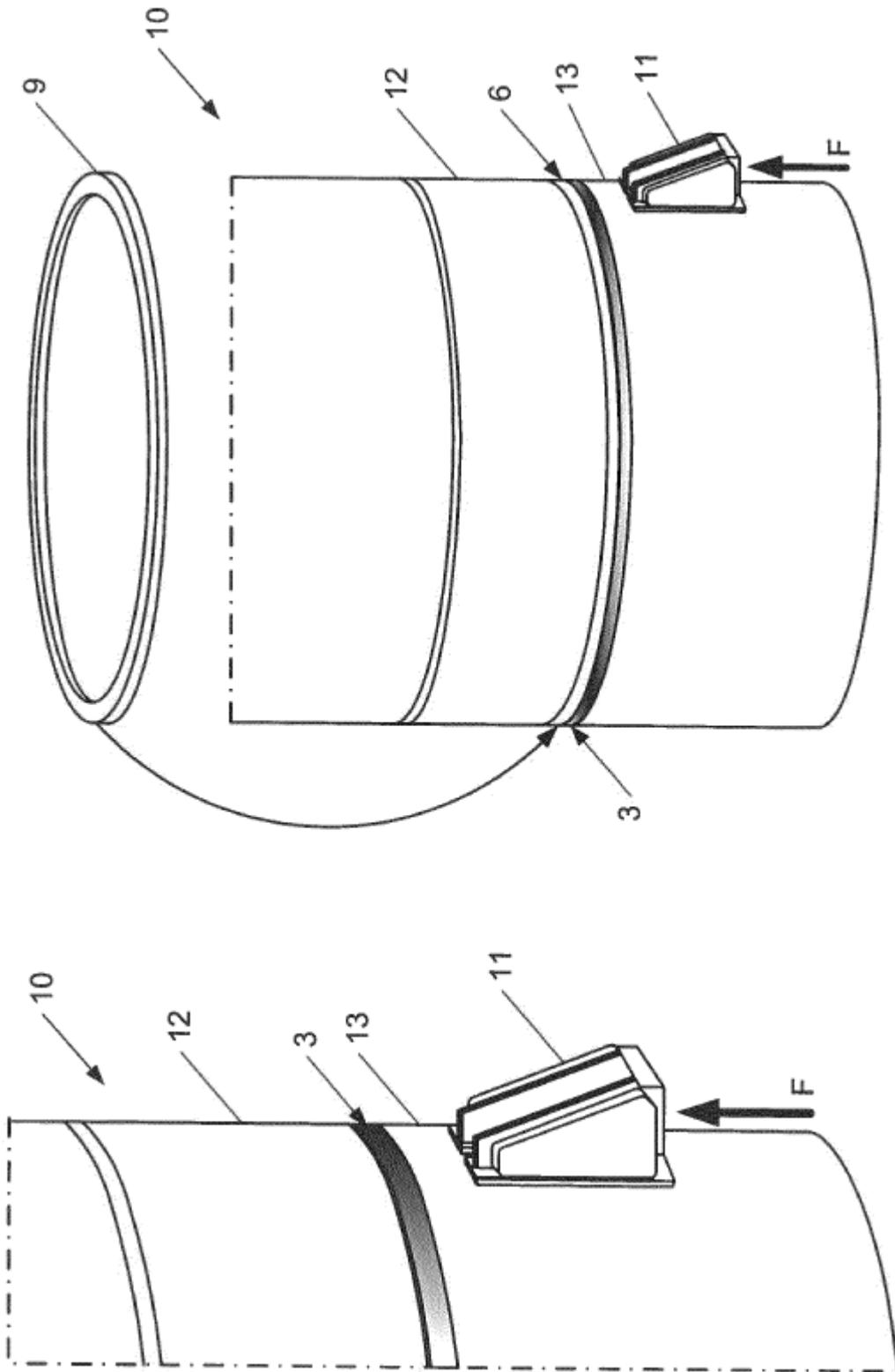


Fig. 2

Fig. 1

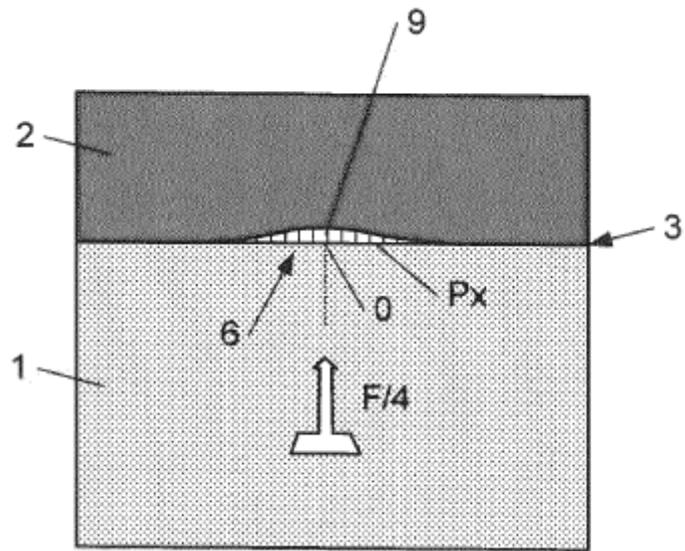


Fig. 3

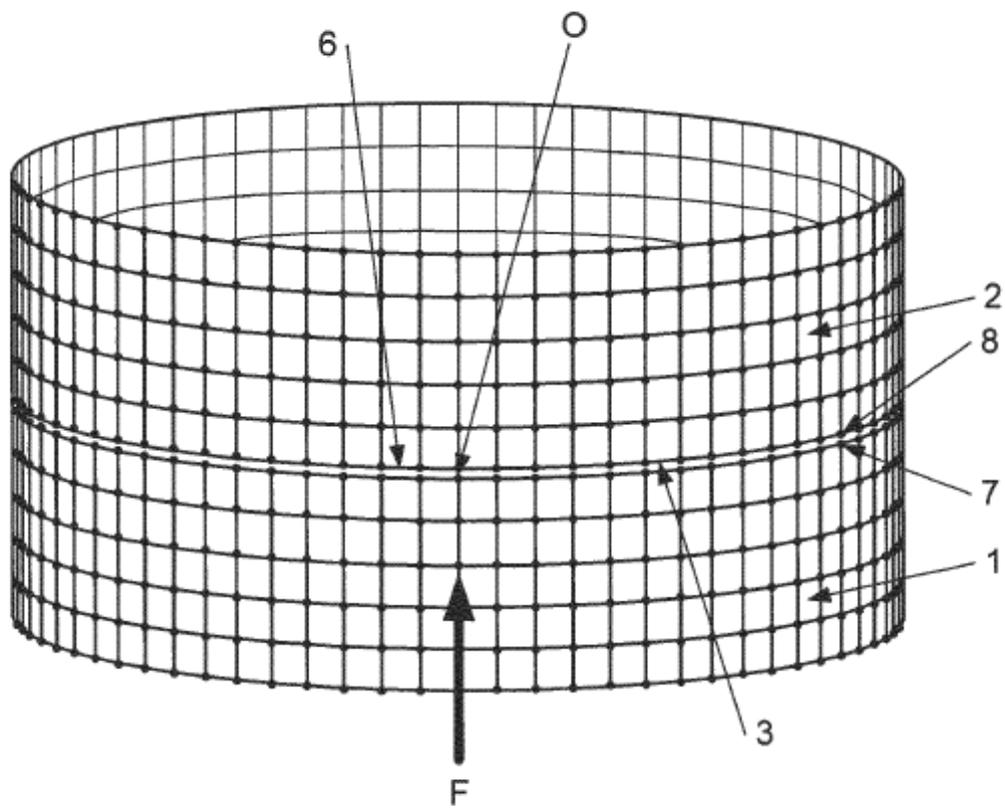


Fig. 4

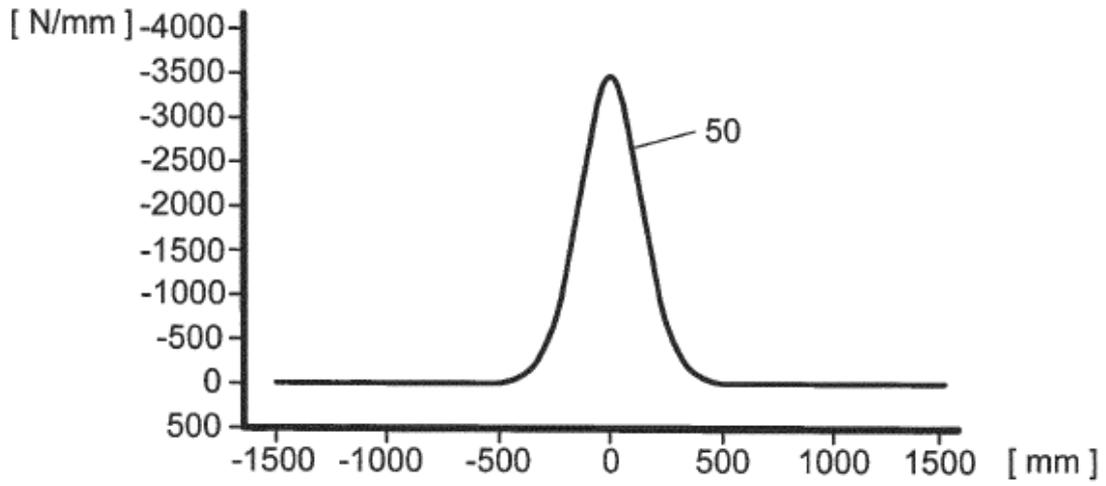


Fig. 5a

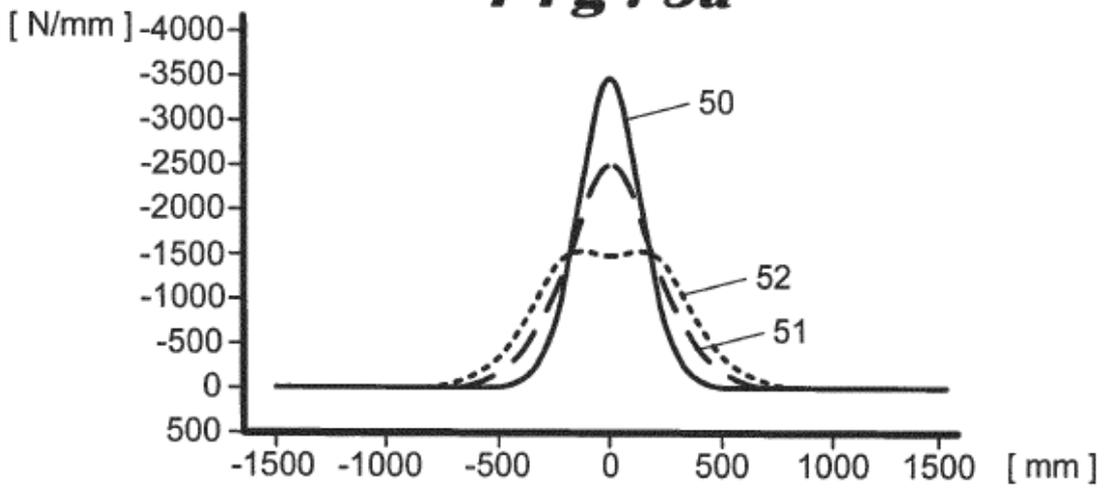


Fig. 5b

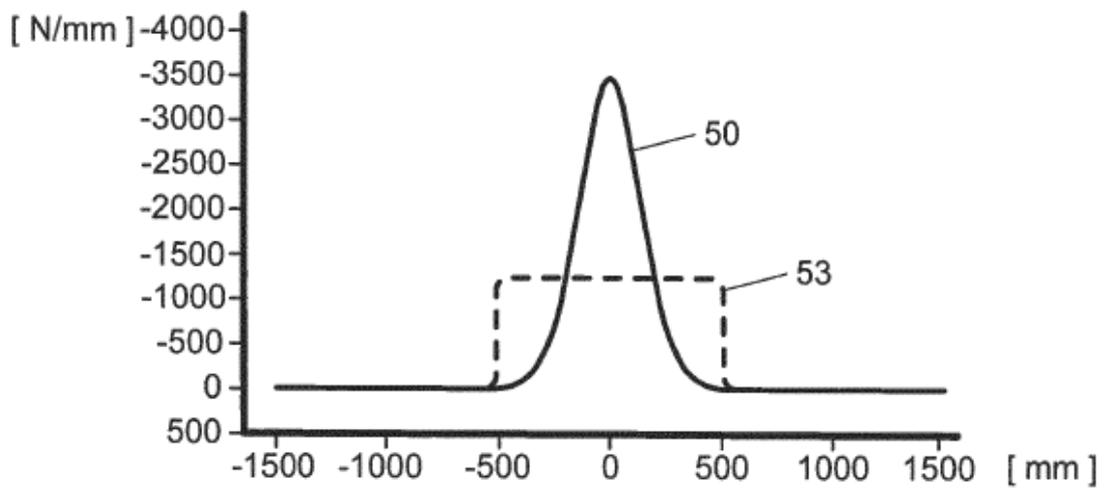


Fig. 5c

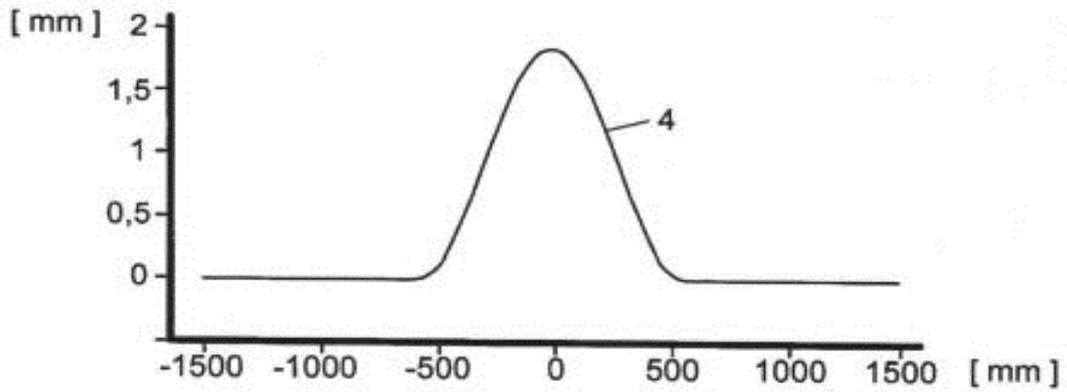


Fig. 6

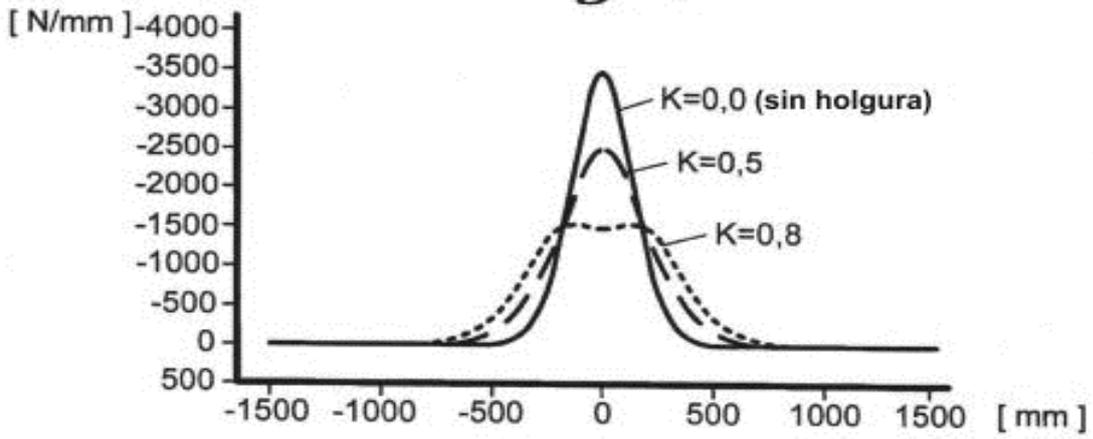


Fig. 7

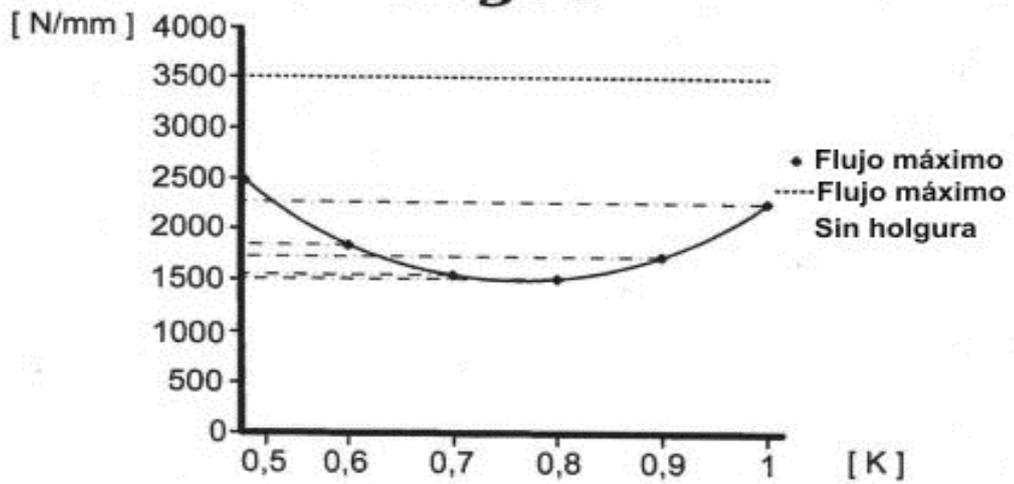
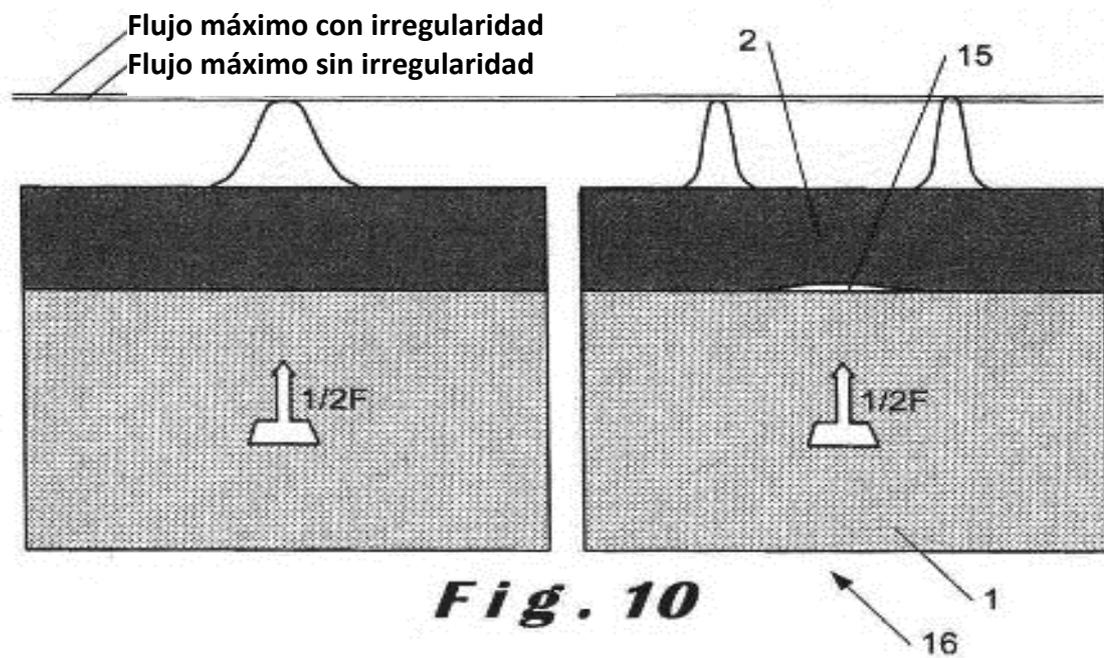
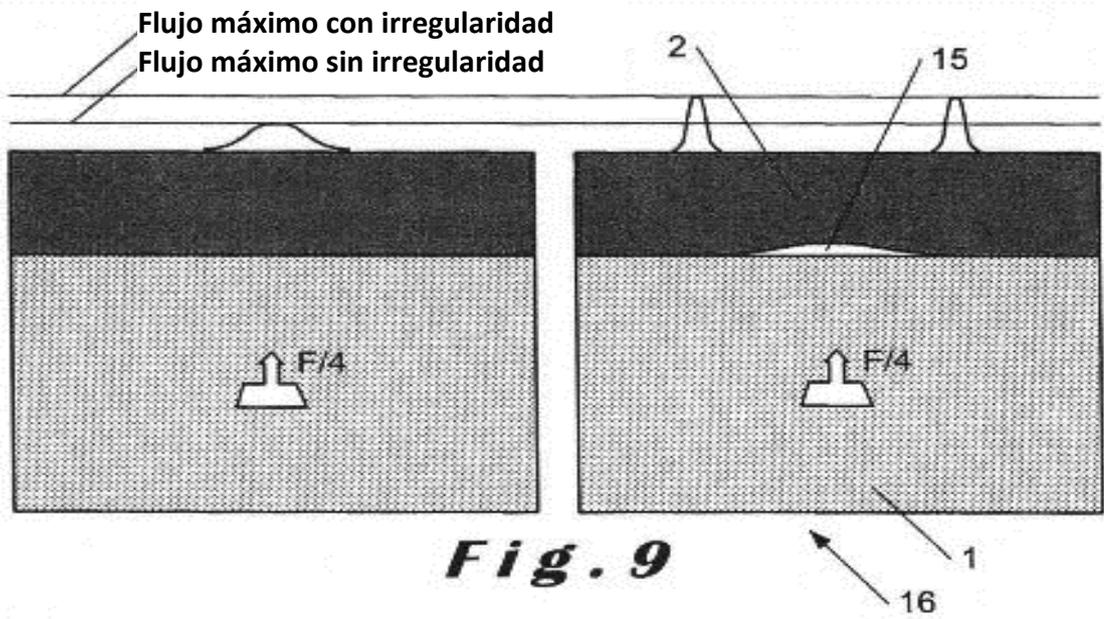


Fig. 8



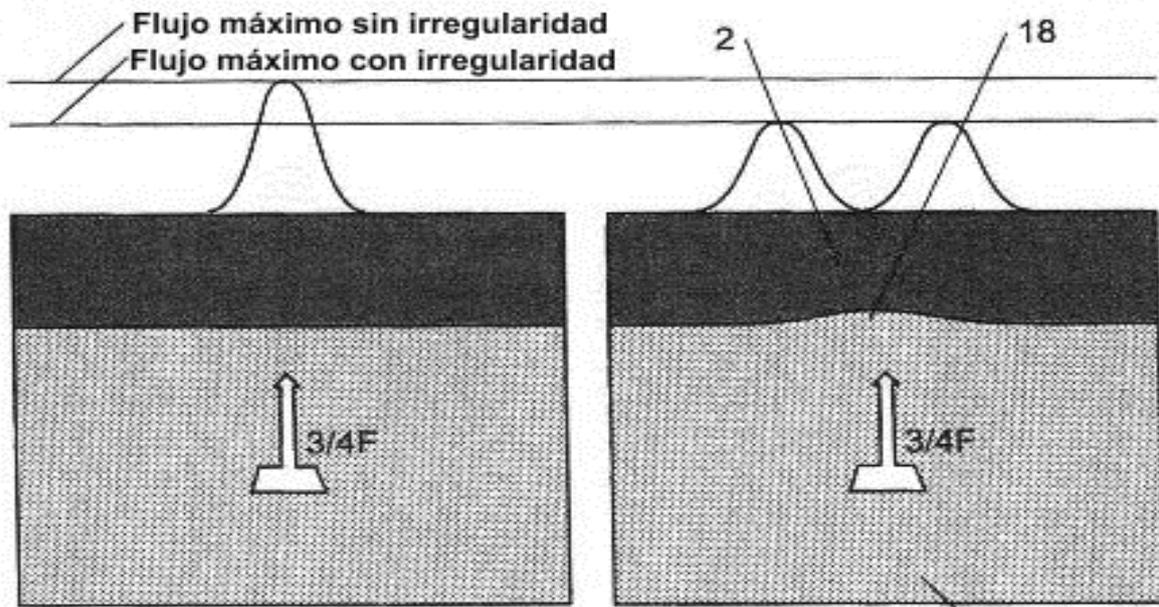


Fig. 11

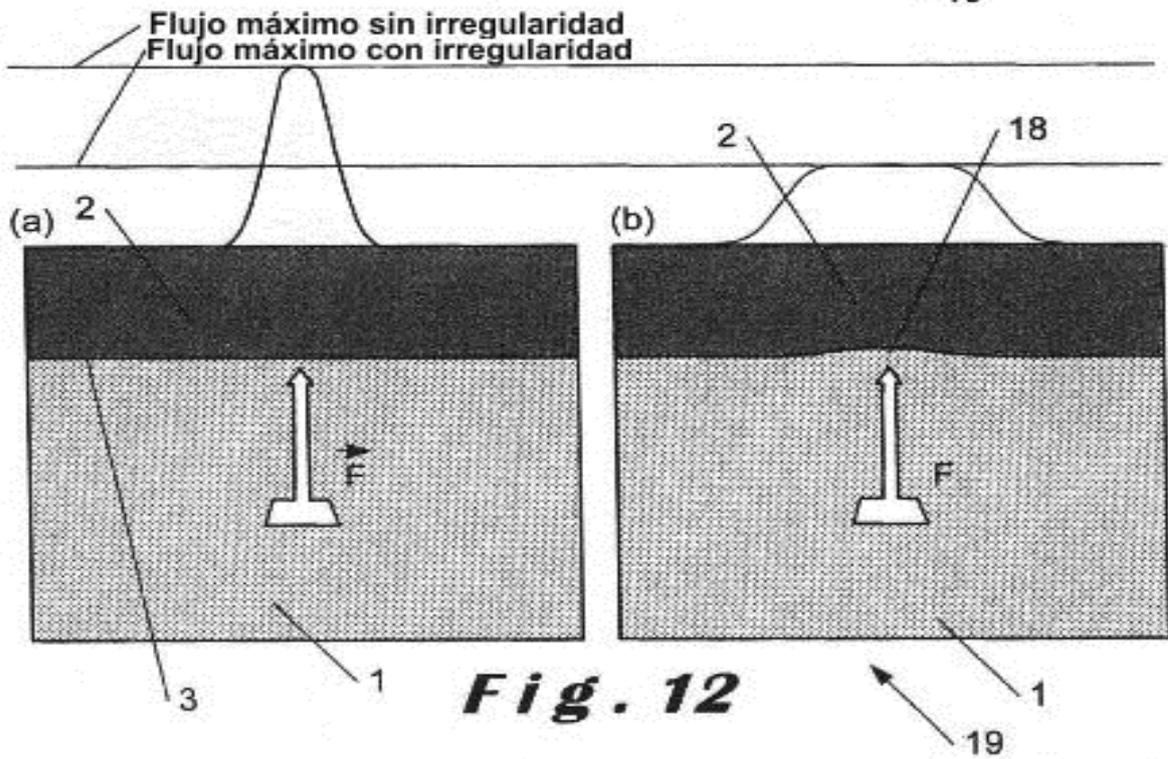


Fig. 12

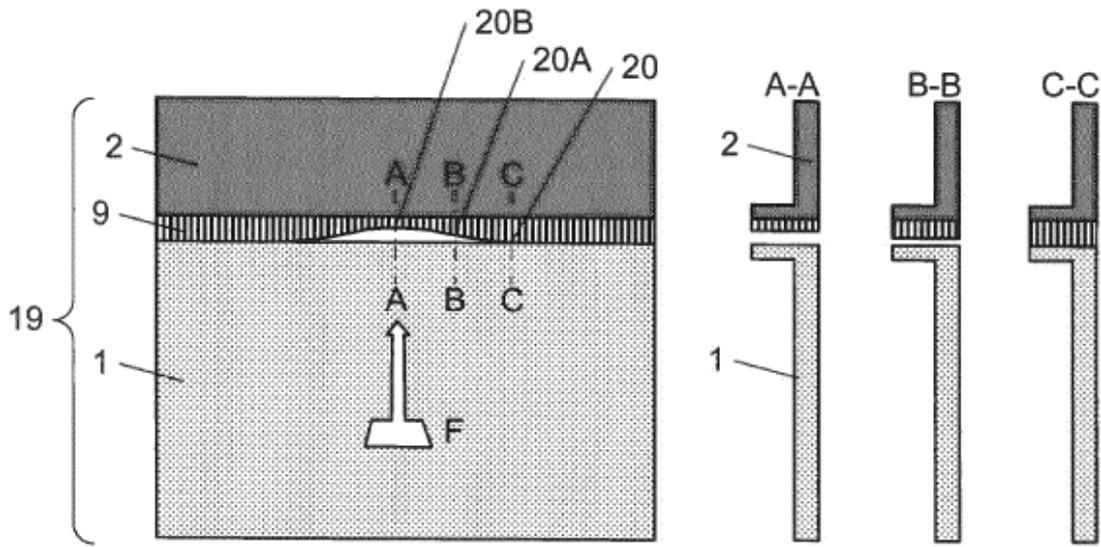


Fig. 13

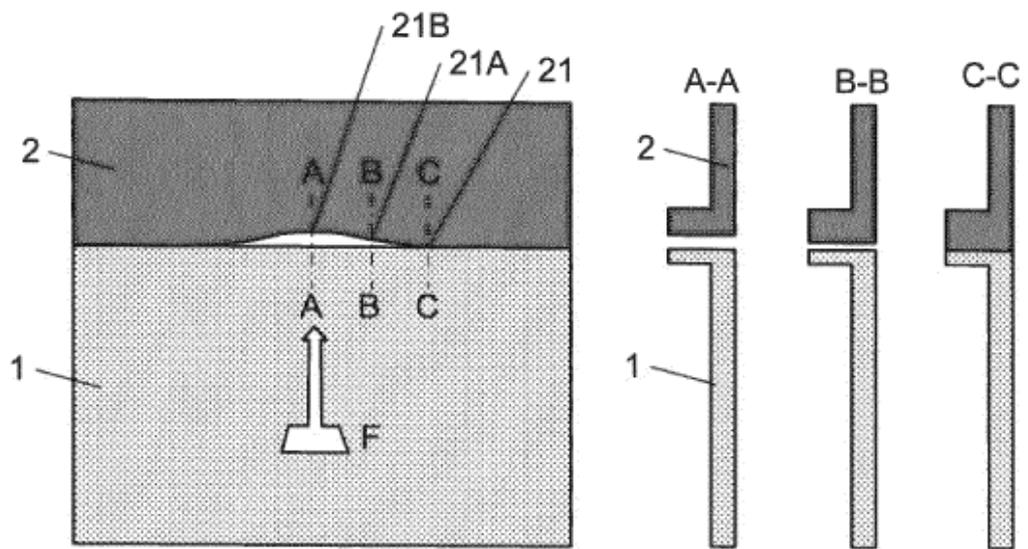


Fig. 14

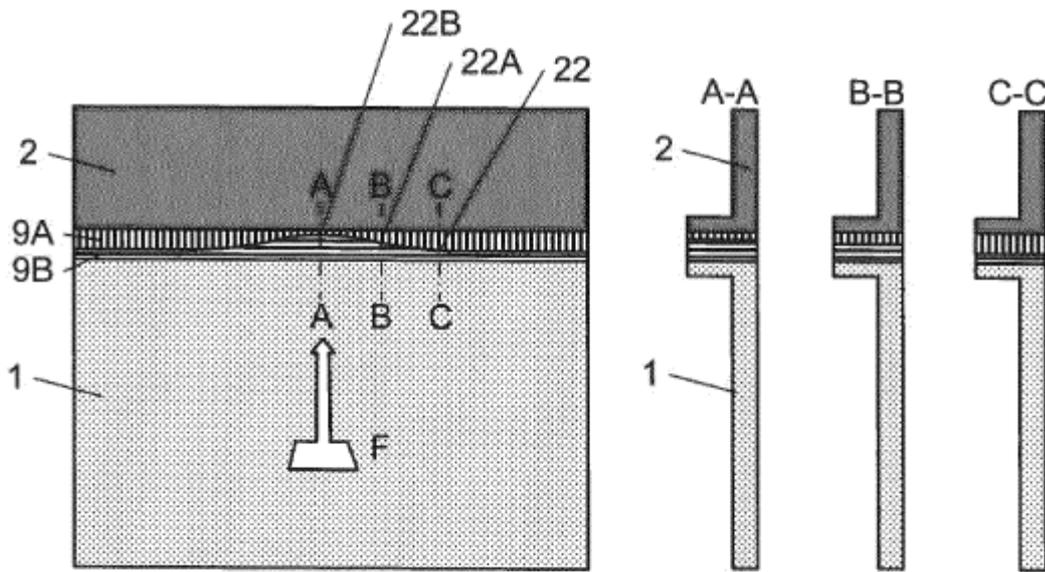


Fig. 15

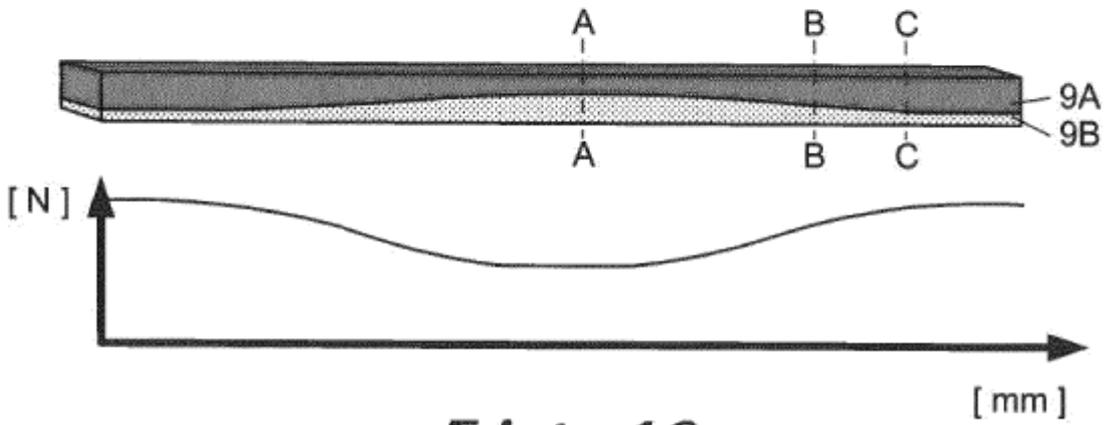


Fig. 16

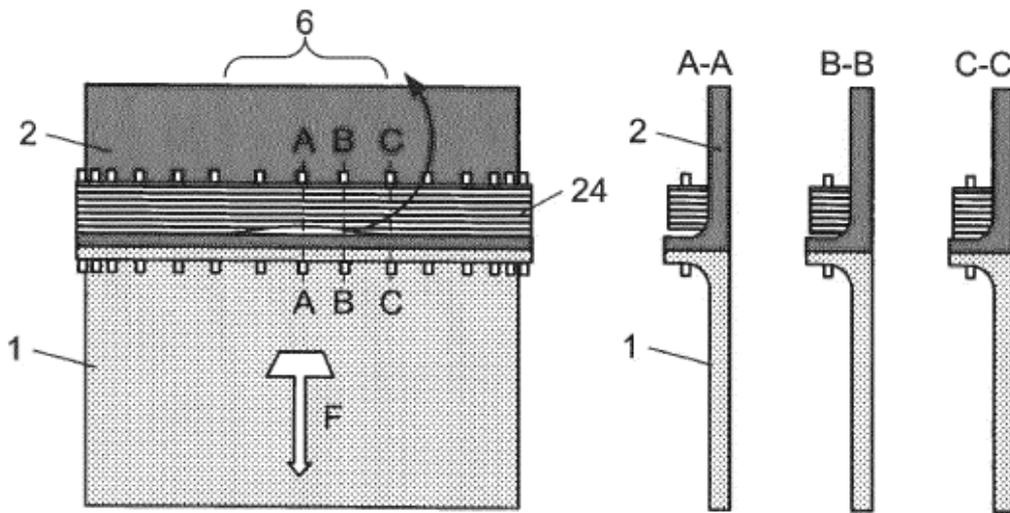


Fig. 17

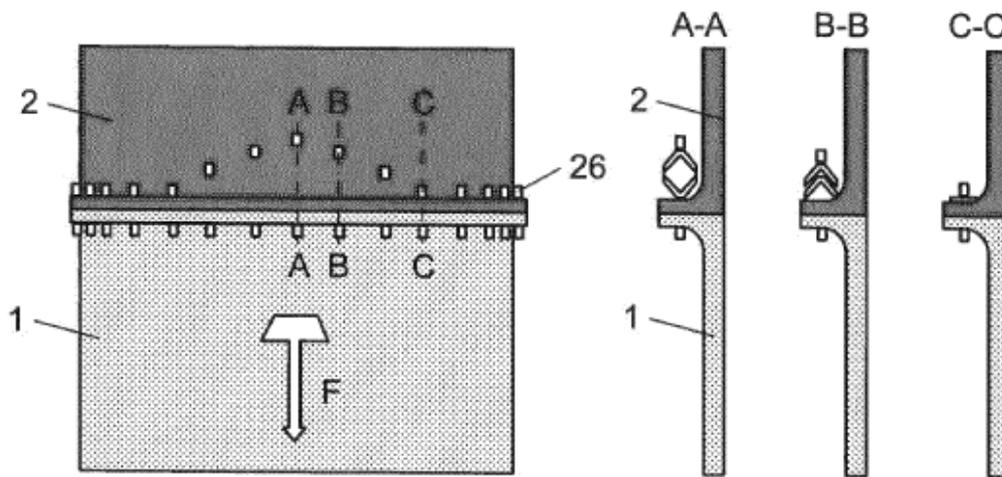


Fig. 18

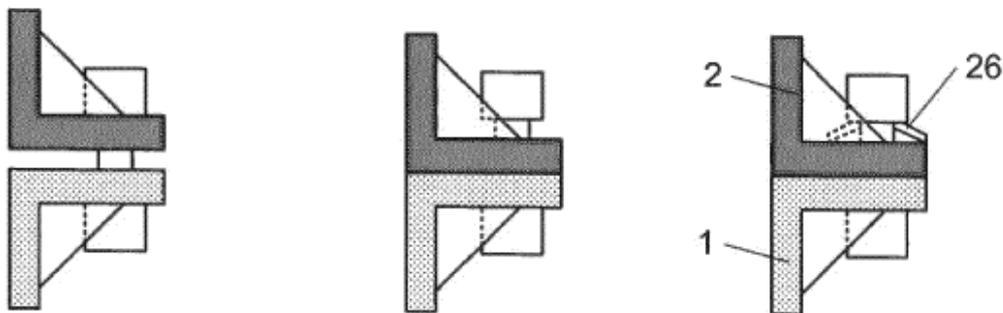


Fig. 19

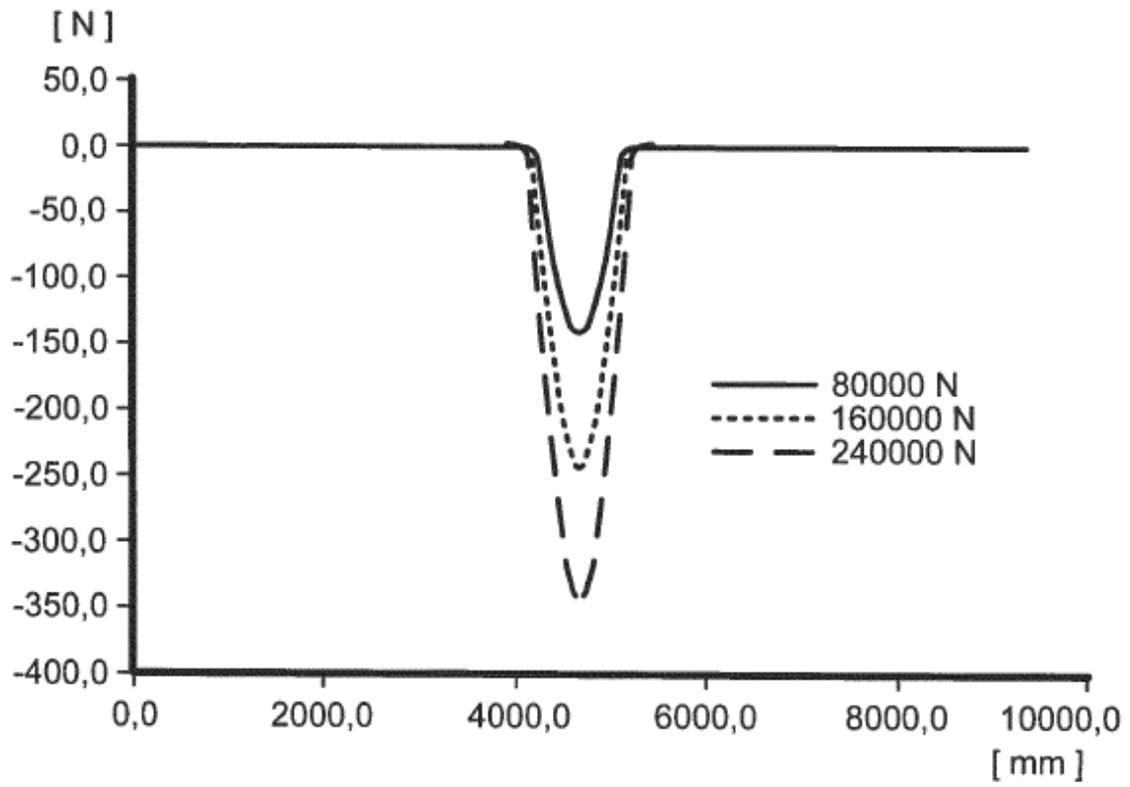


Fig. 20

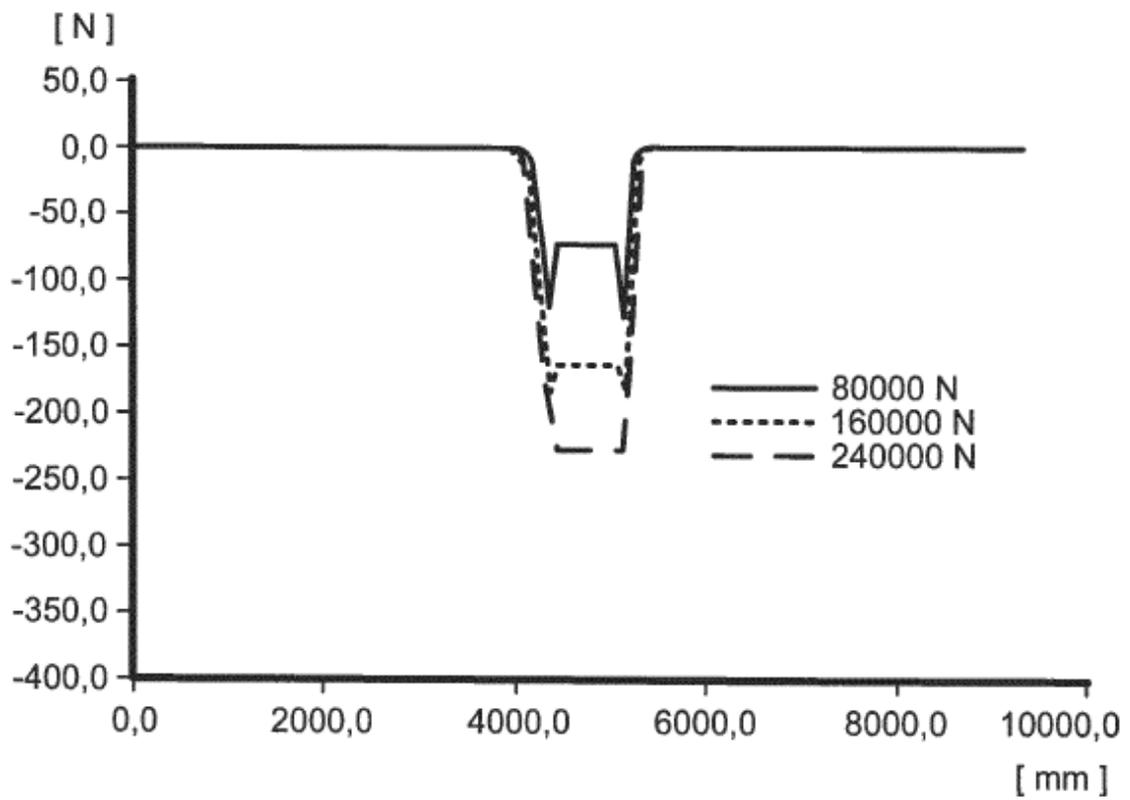


Fig. 21

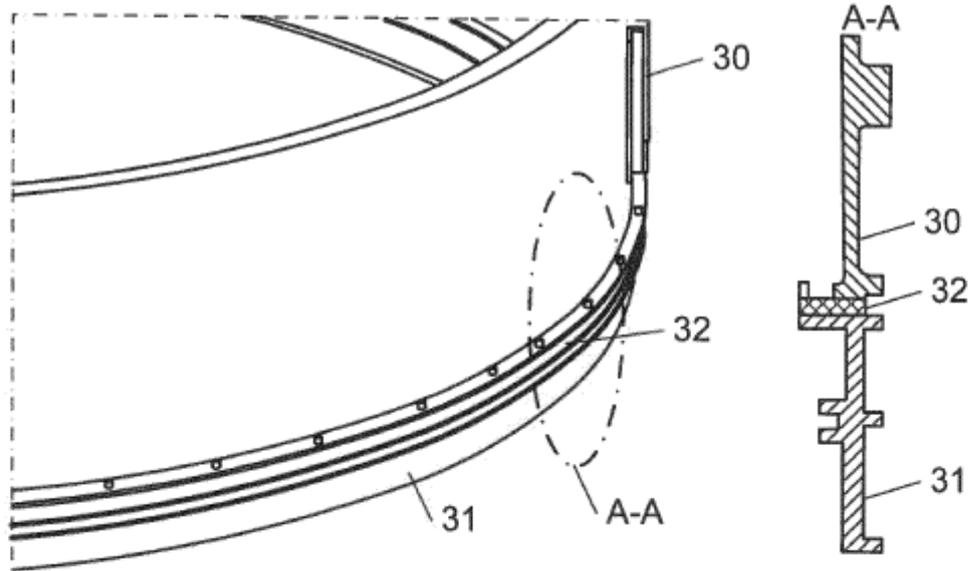


Fig. 22

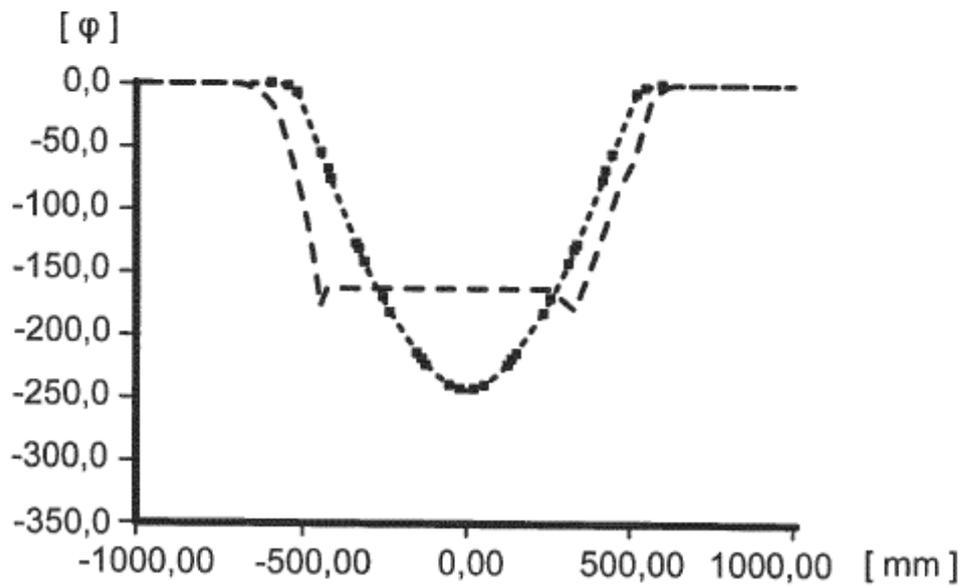


Fig. 23