



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 326 702**

51 Int. Cl.:

**B32B 9/04** (2006.01)

**B32B 15/20** (2006.01)

**B32B 37/00** (2006.01)

**C04B 35/536** (2006.01)

**F16J 15/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07730944 .1**

96 Fecha de presentación : **08.02.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1989013**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2008**

54

Título: **Juntas de estanqueidad multicapa grafito flexible/metal adecuadas para condiciones de servicio a alta temperatura.**

30

Prioridad: **10.02.2006 FR 06 01243**

73

Titular/es: **Carbone Lorraine Composants  
41, rue Jean Jaurès  
92230 Genevilliers, FR**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.10.2009**

72

Inventor/es: **Potier, Alexandre**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.10.2009**

74

Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 326 702 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

Juntas de estanqueidad multicapa grafito flexible/metal adecuadas para condiciones de servicio a alta temperatura.

5 **Ámbito técnico del invento**

10 El presente invento entra en el campo de la fabricación de juntas de estanqueidad planas realizadas alternando el apilado de grafito flexible y de hojas metálicas perforadas, capaces de soportar condiciones de temperatura elevada, superior a 300°C por ejemplo, sin sufrir degradación de su calidad y ello incluso bajo muy altas presiones de apriete de la junta.

**Estado de la técnica**

15 El grafito flexible se elabora por expansión térmica de grafito (por lo general en forma de escamas), en el cual se insertaron átomos o moléculas después de someterlo a un ataque en medio ácido; el material obtenido por este proceso tiene una masa específica muy baja y posee la propiedad de autoaglomerarse sin ningún aglomerante por simple efecto mecánico. Así se obtiene por laminado o compresión un material flexible o semirrígido en forma de rollos o placas.

20 Las hojas de grafito flexible se utilizan desde hace mucho tiempo para la fabricación de juntas planas. Este tipo de juntas planas de estanqueidad se usan, por ejemplo, en instalaciones de industrias químicas o petroquímicas para transportar fluidos calientes o corrosivos, y también en centrales de producción de energía térmica o atómica para transportar vapor de agua a presión. El uso de una junta de estanqueidad plana está ilustrado de manera esquemática en la figura 1. Dos bridas metálicas (1,2) unen entre sí dos conductos tubulares (5,6) formando así una canalización. Apretando las dos bridas metálicas (1,2) por medio de pernos (3) situados en la periferia del montaje se aplasta la hoja de grafito flexible (4) que actúa como junta de estanqueidad. Las características de flexibilidad y la capacidad de deformación del grafito flexible le permiten ajustarse a las superficies frente a las bridas metálicas et asegurar el buen sellado entre el interior de la canalización (a) y el medio exterior (b). Las cualidades de estabilidad térmica y de alta inercia química del grafito flexible, especialmente frente a líquidos orgánicos o ácidos lo convierten en el material idóneo en numerosas situaciones.

30 Tres características son determinantes para la calidad de las juntas de estanqueidad planas. La aptitud para sellar (expresada en forma de tasa de fuga medida en condiciones normalizadas), la temperatura máxima de degradación de los materiales que integran la junta y, por último, el mantenimiento de las características mecánicas de la estructura de la junta dentro de la gama de temperatura de uso de los materiales que la integran. Las características de la junta deben permitir siempre la adaptación a las superficies contra las cuales será comprimida y también su resistencia a la fluencia para mantener a través del tiempo y de los ciclos térmicos la presión de apriete de las bridas para garantizar así el sellado a través del tiempo.

40 A pesar de que ciertos tipos de grafito aguantan temperaturas bajo aire de hasta 500°C e incluso 550°C, las hojas de grafito flexible muestran ciertos inconvenientes. Son difíciles de manipular, se rompen con relativa facilidad y no es fácil producirlas con fuertes espesores. Así, los fabricantes de hojas de grafito flexible han desarrollado apilamientos multimaterial, en general apilamientos de hojas de metal y hojas de grafito flexible al objeto de facilitar el empleo de las juntas de estanqueidad y hacerlas más resistentes mecánicamente. Es muy ordinario hoy en día el utilizar una junta formada por un apilamiento como el descrito en la figura 2, donde dos hojas de grafito flexible (10, 11) están unidas a una hoja (inserto) metálica central (12). Estas juntas también están solicitadas en el sentido paralelo a las capas que la integran, debido a las fuertes tensiones de compresión mal repartidas en toda la superficie de la junta; a este fenómeno se le llama "pinzamiento de la brida". Estas juntas pueden presentar un problema de fluencia, en particular a alta temperatura de servicio, cuando la dilatación térmica deforma la geometría de la brida. En este caso, la fluencia puede limitar su vida útil y el sellado del sistema en que están montadas.

50 Por este principio y principalmente para mejorar más la resistencia mecánica de la junta se han propuesto numerosas soluciones. Estas soluciones proponen apilamientos de 3, 5, 7 capas o más según los espesores de la junta, diversos materiales para las hojas de refuerzo (diferentes metales, hojas macizas o perforadas, y hasta rejillas) y diversas soluciones para garantizar el nexo mecánico entre el grafito flexible y la hoja de refuerzo. Entre estas soluciones de nexo mecánico, cabe citar las dos principales tecnologías utilizadas: Un encolado o un anclaje de elementos mecánicos de retención en las hojas de grafito. Estos elementos mecánicos de retención pueden ser domos o dientes resultantes de la perforación de una chapa delgada u hoja metálica por medio de una punta (ver la solicitud de patente FR 2 625 281 (Dana Corporation)).

60 En esta combinación de materiales de tipo hojas de grafito flexible enganchadas a una estructura metálica rígida, las hojas de grafito flexible asumen la función de deformarse para ajustarse a las superficies de contacto y de sellado, mientras que los refuerzos metálicos aportan el beneficio de solidez del conjunto, permitiendo así la fácil manipulación (incluso con juntas de grandes dimensiones) y otorgando al conjunto una resistencia a la fluencia mucho mejor.

65 Para fijar una hoja de grafito flexible en una chapa u hoja metálica, se puede usar tradicionalmente cola o adhesivo, pero estos productos no pueden garantizar una resistencia mecánica superior a 300°C. Las patentes EP 616 884, US 5,509,993 y US 6,962,349 (Sigri Great Lakes Carbon AG) describen el uso de sustancias que modifican la interfaz

entre el metal y el grafito, pero que no son colas, como ciertos compuestos organo-silicio, compuestos perfluorados o jabones metálicos. Estos productos son promotores de adhesión y deben aplicarse en espesores de algunos nanómetros. Así se fija una capa de metal sobre una capa de grafito sin cola por una técnica de prensado en caliente, típicamente a una temperatura comprendida entre 150°C y 300°C (ver US 6,258,457 (SGL Technik GmbH)). Esta técnica es no obstante muy onerosa en su uso porque es poco productiva y no garantiza una resistencia mecánica suficiente del conjunto superior a 400°C.

Otro enfoque técnico utiliza elementos de retención mecánica que pueden obtenerse creando en la hoja metálica muchas perforaciones en forma de domo (ver solicitud de patente europea EP 0 640 782 A2 (Tako Payen S.p.a.), la solicitud de patente francesa 2 625 281 (Dana Corporation), la patente US 4,723,783 (Dana Corporation), la patente US 4,723,783 (Dana Corporation), la patente US 6,258,457 (SGL Technik GmbH)). No obstante, como lo muestra la patente US 5,509,993 ya citada, la perforación de las chapas en domo induce tensiones locales en la chapa, lo cual puede redundar en rupturas bajo carga. Sin embargo, los apilamientos de hojas de grafito flexible enganchadas a chapas metálicas presentan aún algunos puntos flojos. Primero, los refuerzos metálicos perforados en espesores de flejes superiores o iguales a 100  $\mu\text{m}$  dificultan el corte de juntas, operación que permite obtener las geometrías deseadas usando hojas planas. Para reducir este inconveniente, de ordinario se limita el número de refuerzos metálicos perforados y se limita asimismo su espesor. Típicamente se utiliza un solo refuerzo, a veces dos para un espesor total de 3 mm, raramente más de dos, y ello solamente para espesores de juntas superiores a 3 mm. Los grosores de los flejes se acercan por lo general a 100 micras.

En conclusión, las soluciones para unir las capas entre sí por encolado introducen un elemento (la cola) cuya resistencia en temperatura es limitada. Por otra parte, estas soluciones imponen procesos de producción más delicados en su uso que el simple colaminado utilizado para unir una hoja perforada y una hoja de grafito flexible. Además, existen procesos de unión sin cola, pero estos métodos también son complejos, por cuanto necesitan procesos de prensado en caliente y la aplicación en muy fino espesor de productos químicos que modifican la superficie.

Si bien con el “colaminado” se puede contemplar fácilmente una operación que produce en continuo un “sandwich” de materiales, el encolado necesitará que se recubra la superficie, se seque y, por lo muy general, sobre todo con las colas capaces de funcionar a temperaturas de unos 300°C, habrá que hacer un tratamiento térmico para estabilizar las colas. Este tren de operaciones se efectúa bien por etapas sucesivas, bien por medio de una línea compleja de equipos que funcionan en continuo.

En cualquier caso, el colaminado con chapa perforada parece ser el proceso de unión continua más económico, pero presenta inconvenientes importantes como la dificultad de cortar con instrumentos clásicos.

Por lo general, cuando la temperatura de uso rebasa 400°C y las presiones de los fluidos que hay que sellar son muy importantes, las juntas planas cortadas en placas composites a base de grafito flexible deben sustituirse por soluciones más seguras pero más onerosas; estas soluciones son no obstante menos flexibles en términos dimensionales, como las juntas en espiral, las juntas estriadas y otras juntas metálicas.

## Problema planteado

El problema que trata de solucionar el presente invento es por tanto proponer un nuevo proceso de fabricación de placas y/o de juntas compuestas por un apilado alternado de capas de grafito flexible y de hojas de metal que facilitan el corte y la fabricación continua de manera rápida y económica y que presentan una buena resistencia mecánica hasta temperaturas y presiones inaccesibles hasta ahora a las juntas de brida planas, al tiempo que se garantiza un sellado acorde con las nuevas normas tendentes a limitar las emisiones fugitivas de gases ecológicamente peligrosos para la atmósfera.

## Objetos del invento

El objeto del presente invento es una placa composite realizada por apilamiento alternado de (n+1) hojas de grafito flexible y de (n) hojas de refuerzo metálicas perforadas de dientes, de modo que la primera y la última hoja de dicho apilamiento alternado sean hojas de grafito flexible,

caracterizándose dicha placa composite porque:

- a)  $n \geq 2$ ;
- b) Los espesores de las hojas de grafito flexible utilizadas pueden ser iguales o diferentes y son de tal índole que cualquier rodaja de espesor de 2 mm de la placa composite
  - (i) tiene como mínimo 3 capas de grafito flexible,
  - (ii) presenta una masa de grafito por unidad de superficie como máximo de 2,34 kg/m<sup>2</sup>;
- c) Para cada una de dichas hojas de refuerzo metálicas perforadas, los dientes presentes en dicha hoja tienen una altura respecto a la superficie de dicha hoja que no rebasa 1,3 veces el espesor de la capa más fina de grafito flexible a la que está enganchada.

## ES 2 326 702 T3

Otro objeto es una junta de estanqueidad plana, fabricada cortando una placa según el invento.

Otro objeto más es el uso de tal junta a una temperatura no superior a 600°C y preferentemente a una temperatura comprendida entre 350°C y 550°C y aún más preferentemente a una temperatura comprendida entre 400°C y 500°C.

5

### Descripción de las figuras

La figura 1 muestra el esquema de una junta de estanqueidad plana. La letra (a) indica el interior de la canalización, la letra (b) indica el medio externo.

10

La figura 2 muestra el esquema de un apilamiento de tipo grafito flexible/inserto metálico flexible/inserto metálico/grafito/grafito flexible.

15

La figura 3 muestra de manera esquemática una sección transversal a través de una placa composite según el invento.

20

La figura 4 muestra la tasa de fuga observada en una prueba normalizada a 300°C con juntas de espesor de 2 mm cortadas en placas composites de estructuras diferentes (número de hojas metálicas, tres valores diferentes para la densidad del grafito).

La figura 5 muestra la disposición de las perforaciones de la chapa metálica para una realización según el invento. Las dimensiones están indicadas en milímetros.

25

### Descripción detallada del invento

Según el invento, el problema queda resuelto con una placa fácilmente cortable en una junta plana que presenta a temperatura ambiental características de resistencia a la presión de apriete similares y hasta superiores a los ensamblados multicapa clásicos, pero que conserva excelentes características mecánicas hasta temperaturas cercanas al límite de degradación de los materiales (grafito flexible y metal). Mientras los ensamblados estructurales conocidos con o sin cola no pueden superar razonablemente una temperatura de 400°C, el producto según el invento permite mantener estas propiedades mecánicas hasta la temperatura de oxidación del grafito.

30

Una hoja de grafito flexible conocida de tipo Papyex® 1600° conviene para fabricar el producto según el invento.

35

Utilizando una hoja de tipo Papyex® 1600°, este invento maximiza por lo menos 100°C a 150°C la posibilidad de uso de juntas planas de grafito flexible para sellar sistemas con altas presiones de fluido.

40

La estructura del producto obtenido según el invento también permite, depositando un pequeño espesor de un agente funcionalizante en cada interfaz entre el metal y el grafito, funcionalizar cada interfaz entre el metal y el grafito sin perjudicar con ello la excelente resistencia mecánica de dicha estructura multicapa.

El principio del invento consiste en unir mediante anclaje mecánico hojas de grafito flexible y hojas metálicas delgadas perforadas de dientes. La particularidad de la solución propuesta reside en la combinación de los siguientes medios:

45

(a) La placa composite comprende  $(2n+1)$  capas alternadas de las cuales  $(n+1)$  capas de grafito flexible y  $(n)$  capas de metal, siendo  $n \geq 2$ . Las capas externas son capas de grafito flexible. Así, una realización con  $n=2$  muestra el siguiente apilamiento:

50

Grafito flexible/hoja de refuerzo/grafito flexible/hoja de refuerzo/grafito flexible.

El espesor de las hojas de grafito flexible puede ser igual o diferente; asimismo su densidad puede ser igual o diferente.

55

(b) Las hojas de refuerzo metálico son hojas cuyo grosor individual no supera las 60 micras. La naturaleza y el grosor de las hojas de refuerzo metálico pueden ser iguales o diferentes. El material de dichas hojas de refuerzo metálicas se selecciona en el grupo integrado por: Acero, acero inoxidable, níquel, aleaciones de níquel, aluminio, aleaciones de aluminio, cobre, aleaciones de cobre.

60

(c) Las hojas metálicas se perforan de manera que los agujeros presenten dientes de poca altura, típicamente una altura que no supere 860 micras respecto al plano de la hoja. Más allá de esta altura, los dientes penetran mal en un grafito flexible de densidad  $1 \text{ g/cm}^3$  durante la etapa de ensamblado por colaminado. El enganche de la hoja de grafito flexible en el inserto perforado de dientes ya no es suficiente para garantizar óptimos resultados mecánicos. La figura 5 muestra un modo de realización para una hoja metálica perforada que puede utilizarse en el marco del presente invento.

65

Esta perforación de la hoja metálica se puede efectuar con una aguja redonda que presente cuatro caras: Cuando penetra en el metal, hace un agujero rompiendo la chapa en cuatro caras que luego se pliegan en la dirección de avance

## ES 2 326 702 T3

de la aguja. Así, se obtiene un diente que tiene típicamente cuatro puntas cuya altura teórica es como máximo la mitad del diámetro del agujero. La figura 5 muestra la disposición de los agujeros en una hoja de acero inoxidable 316 de espesor  $5\ \mu\text{m}$  según un modo de realización del presente invento. Para obtener luego una estructura multicapa fácilmente cortable y lo suficiente resistente mecánicamente, se usa una hoja metálica de acero inoxidable de espesor idealmente comprendida entre  $40$  y  $60\ \mu\text{m}$ . El diámetro de agujero está convenientemente comprendido entre  $0,8$  y  $1,72\ \text{mm}$ .

(d) Los espesores de las hojas de grafito flexible se limitan de manera que el número de capas de grafito no sea inferior a aproximadamente  $1,5$  por milímetro de espesor de la estructura total antes de la compresión entre bridas.

La limitación de los espesores de las hojas de refuerzo a  $60$  micras o menos permite conservar una gran facilidad de corte de las juntas en superficies macizas, al contrario de lo que se practica con refuerzos múltiples de mayores espesores. La solución propuesta permite cortar formas con herramientas simples como: Sacabocados, guillotina, hoja de corte. Las soluciones tradicionales basadas en el empleo de hojas de  $100$  micras de espesor o más requieren el uso de técnicas más sofisticadas como son el corte con chorro de agua o el uso de herramientas giratorias en este tipo de estructuras multicapa. Esta facilidad de empleo es una ventaja apreciable para los cortadores de juntas en términos económicos y flexibilidad de operaciones.

En un modo de realización particular, la placa composite según el invento se caracteriza porque las hojas de grafito flexible son todas de espesor inferior a  $0,6\ \text{mm}$  y presentan todas una densidad máxima de  $1,3\ \text{g/cm}^3$ .

En otro modo de realización particular, que puede ser combinado con el anterior, la placa composite según el invento se caracteriza porque las hojas de grafito flexible situadas en las caras superior e inferior del apilamiento se realizan con grafito flexible cuya densidad es inferior a la de la otra o de las otras hojas de grafito.

Aún en otro modo de realización particular, la placa composite según el invento se caracteriza porque la densidad de las hojas de grafito situadas en las caras externas del apilamiento no supera  $0,7\ \text{g/cm}^3$ .

El invento presenta numerosas ventajas. La primera ventaja concierne al proceso de fabricación de la placa composite: No se necesita ni cola ni otro aglomerante. La cola o el aglomerante son elementos débiles para el uso prolongado a alta temperatura: No existe cola que pueda utilizarse, en la praxis industrial, de manera prolongada a temperaturas superiores a  $300^\circ\text{C}$ , mientras que el producto ensamblado según el proceso descrito en la patente US 6,258,457 no permite el uso prolongado más allá de  $400^\circ\text{C}$ .

La segunda ventaja concierne a la calidad del enganche mecánico entre las capas: El enganche mecánico según el invento reduce fuertemente los riesgos de fluencia de las hojas de grafito flexible por el hecho de una estructura de sujeción en tres dimensiones, incluso en caso de apriete excesivo de las bridas. Esta fluencia en el sentido paralelo a las capas puede operarse entre dos capas o dentro de una capa de grafito. Esta fluencia conduce por lo general a relajar las tensiones de apriete de la junta e incluso destruir totalmente la junta.

En las condiciones de un ensayo normalizado, cuyos detalles se describen en el ejemplo 2, se observa que una junta circular ( $n=3$ ) de espesor  $2\ \text{mm}$ , de diámetro exterior  $92\ \text{mm}$  y de diámetro interior  $49\ \text{mm}$ , presenta una resistencia mecánica a la fluencia hasta una presión de asiento en la junta superior a  $200\ \text{MPa}$ , preferentemente superior a  $230\ \text{MPa}$  y aún más preferentemente superior a  $250\ \text{MPa}$ . En las condiciones de ensayo normalizado, se mide una tasa de fuga inferior a  $10^{-4}\ \text{mb}^*/\text{l}^*\cdot\text{s}^*\cdot\text{m}$ , y preferentemente inferior a  $5\ 10^{-5}\ \text{mb}^*/\text{l}^*\cdot\text{s}^*\cdot\text{m}$ .

La tercera ventaja concierne a la resistencia en temperatura del complejo composite según el invento. La solución de enganche por anclaje según el invento permite realizar estructuras multicapa con propiedades mecánicas equivalentes, e incluso superiores a las normalmente ofrecidas en el mercado a partir de insertos planos encolados de  $50$  micras de espesor (Sigraflex<sup>®</sup> HD et Papyex<sup>®</sup> HP). Esta solución aporta a estas estructuras existentes, además de una tensión de apriete máxima admisible equivalente, e incluso superior a temperatura ambiental, un mantenimiento mucho mejor de esta característica mecánica en caliente hasta  $550^\circ\text{C}$  en continuo ( $600^\circ\text{C}$  en punta) cuando se acopla con la clase de grafito flexible Papyex<sup>®</sup> 1600° o hasta  $500^\circ\text{C}$  para la clase estándar Papyex<sup>®</sup> 1980. Una junta composite según el invento puede utilizarse a una temperatura comprendida entre  $450^\circ\text{C}$  y  $550^\circ\text{C}$  durante un tiempo acumulado superior a  $24$  horas.

Por último, el proceso de anclaje mecánico es mucho más sencillo de realizar que los procesos de ensamblado conocidos, con o sin cola o aglomerante. Permite obtener costes reducidos de fabricación.

El único imperativo, impuesto por la presencia de hojas de grafito flexible de poco espesor en la estructura, es mantener la altura de los dientes resultantes de la perforación del metal a niveles de altura bajos. La altura de un diente sobre la hoja metálica debe ser inferior a  $1,3$  veces el espesor de las hojas de grafito flexible que hay que enganchar. Más allá de este valor se observan en las operaciones de colaminado rasgaduras de hojas y/o la presencia de zonas donde las capas están mal o poco enganchadas entre ellas, con lo cual se ve malparada la integridad mecánica de las juntas cortadas “a caballo” sobre estos defectos.

Se puede comprobar que la combinación de todos estos medios desemboca en un resultado nuevo y ventajoso: Placas composites que se pueden fabricar de manera barata por procesos continuos simples, que puede ser cortadas

con mucha facilidad para obtener las formas de juntas deseadas, que no contienen cola o elemento frágil térmicamente y que una vez cortadas procurarán juntas que son a la vez muy eficaces en términos de sellado y mecánicamente insensibles a las temperaturas de uso mientras éstas no alcancen valores donde comienza la oxidación de las hojas de grafito flexible (unos 500°C e incluso 550°C).

5 Otra ventaja mayor del presente invento implica la posibilidad de modificar la interfaz entre el grafito flexible y el inserto metal, sin que se degrade con ello la resistencia mecánica en caliente del producto ensamblado. El inventor ha descubierto que un depósito de sustancias incluso susceptibles de degradarse en temperatura no afecta a la resistencia mecánica de la junta según la estructura multicapa con dientes descrita, siempre que el espesor de este depósito sobre el inserto no supere 10  $\mu\text{m}$ . Ventajosamente, esta funcionalización puede seleccionarse entre el grupo integrado por:

- (a) Depósito de una capa de caucho nitrilo,
- (b) Depósito de una capa u hoja de poliolefina,
- (c) Depósito de una capa u hoja de polímero fluorado,
- (d) Depósito de una capa u hoja de polímero fluorado elastómero termoplástico.

20 A modo de ejemplo, el inventor ha aplicado una ligera capa de adhesivo (tipo 3M75) sobre la interfaz grafito-metal. Esta capa hace aún más fácil el corte de juntas cuyo ancho de pista sea inferior a 10 mm sin riesgo de deslaminado al hacer el punzonado.

25 El inventor ha aplicado este principio a un inserto de aluminio perforado barato. Para evitar cualquier riesgo de corrosión galvánica del inserto en contacto con el grafito, se ha protegido el inserto por cataforesis con una capa fina de pintura anticorrosión. Las propiedades mecánicas de la junta así fabricada son equivalentes a las de la estructura virgen, liberándose además de los problemas de corrosión galvánica debida al uso de inserto metálico barato (acero al carbono, aluminio...).

30 En el marco del presente invento, el inventor ha realizado otras modificaciones de la interfaz grafito-metal que pueden mejorar el sellado de las juntas sin con ello degradar la resistencia mecánica, gracias a la presencia de un anclaje mecánico como se ha descrito. Así, la modificación de la interfaz según el invento puede hacer intervenir otros agentes funcionalizantes como los polímeros termoplásticos (poliolefinas, PTFE...), los elastómeros termoplásticos (caucho nitrilo, etc.).

35 El inventor ha comprobado que con espesor total igual y con presión de apriete entre bridas igual, una junta preparada a partir de una placa composite según el invento procura niveles de sellado más altos por cuanto el apilamiento incluye capas y por ende interfaces funcionalizadas. Este resultado está ilustrado por la curva suministrada en la figura 4. Así, para una junta de espesor total de 2 mm, un apilamiento de 3 capas de grafito flexible de densidad cercana a 1  $\text{g/cm}^3$  y de 2 capas de metal con los espesores:

$$0,65 \text{ mm} / 0,05 \text{ mm} / 0,6 \text{ mm} / 0,05 \text{ mm} / 0,65 \text{ mm}$$

45 procurará, con presión de apriete igual, un grado de sellado significativamente mejor que un apilamiento de tres capas del mismo grafito flexible y una capa del mismo metal con los espesores:

$$0,90 \text{ mm} / 0,05 \text{ mm} / 0,90 \text{ mm},$$

50 sin cambiar por lo demás el resto de los elementos (misma clase de hojas de refuerzo, misma técnica de enganche, mis clase de hojas de grafito flexible y de metal, más o menos el espesor).

55 El invento permite realizar juntas que presentan una tensión máxima admisible  $Q_{S_{\text{max}}}$ , determinada según la norma EN 13555 a 400°C, superior a 180 MPa, y preferentemente superior a 190 MPa. En un modo particular de realización, al menos una de las caras externas de la junta está revestida con revestimiento antiadhesivo.

El invento se comprenderá mejor mediante ejemplos que, no obstante, no tienen carácter limitativo.

## Ejemplos

### 60 Ejemplo 1

65 Se ha realizado una placa composite apilando de manera alternada cuatro hojas de grafito flexible fabricado por la sociedad Carbone Lorraine, clase Papyex<sup>®</sup> 1600°, densidad 1  $\text{g/cm}^3$ , espesor 0,5 mm (hojas suministradas en rollos de 1 m de ancho y 300 m de largo) y tres hojas de acero inoxidable, clase 316, espesor 50 micras, perforaciones con agujeros de diámetro 1,2 mm distribuidos de manera homogénea con una densidad de 4 perforaciones por  $\text{cm}^2$ , y una altura de los dientes resultantes de las perforaciones de 650 micras sobre el plano de las hojas (hojas de 1 m de ancho y 300 m de largo suministradas en bobinas). El espesor final de la junta es de 2 mm.

## ES 2 326 702 T3

Tras mantener la junta a 550°C durante 48 horas, bajo una sobretensión de 20 MPa, la medida de la tensión máxima admisible  $Q_{S_{max}}$  a 550°C arroja un valor cercano a 200 MPa según la norma EN 13555.

### 5 Ejemplo 2

Se ha realizado una placa composite apilando de manera alternada cuatro hojas de grafito flexible fabricado por la sociedad Carbone Lorraine, clase Papyex® 1980°, densidad 1 g/cm<sup>3</sup>, espesor 0,5 mm (hojas suministradas en rollos de 1 m de ancho y 300 m de largo) y tres hojas de acero inoxidable, clase 316, espesor 50 micras, perforaciones con agujeros de diámetro 1,2 mm distribuidos de manera homogénea con una densidad de 4 perforaciones por cm<sup>2</sup>, y una altura de los dientes resultantes de las perforaciones de 650 micras sobre el plano de las hojas (hojas de 1 m de ancho y 300 m de largo suministradas en bobinas). Estas hojas de acero están revestidas por ambos lados con un espesor de 5 μm de caucho nitrilo.

Se han realizado placas composites por colaminado en continuo de siete capas (4 capas de grafito flexible, 3 capas metálicas perforadas), con un espesor total de unos 2 mm. Al salir del colaminado, los productos se conservaron de plano y se cortaron en placas de dimensiones 1 m x 1 m.

Algunas placas fueron cortadas en juntas circulares por medio de simples sacabocados. Esta junta de diámetro exterior 92 mm y de diámetro interior 49 mm (espesor total 2 mm) se caracterizó en las siguientes condiciones según la norma VDI 2440:

- Apriete entre bridas normalizadas forma E DN40/PN40 según DIN 2635;
- Presión específica ejercida sobre las caras de la junta: 30 MPa;
- Ciclado térmico del conjunto junta/brida: 1 vez entre 25°C y 300°C; mantenimiento a 300°C durante 48 h.
- Medida de la tasa de fuga con el conjunto junta/brida: Presión de helio dentro de las bridas de 1 bar.

La tasa de fuga medida fue de  $6 \cdot 10^{-5}$  mb\*/l/s\*m.

A modo de comparación, se ha fabricado una placa composite a partir de un apilamiento de los mismos materiales, pero con 3 capas solamente cuyos espesores eran los siguientes: 1 mm/0,1 mm/1 mm,

La tasa de fuga, medida para una junta de iguales dimensiones y en las mismas condiciones operatorias fue de  $2 \cdot 10^{-3}$  mb\*/l/s\*m.

La fuerte resistencia mecánica a la fluencia en el sentido paralelo a las capas hasta 250 MPa en presión de asiento sobre la junta para este tipo de junta en estructura multicapa se ajusta a la que se mide en estructuras equivalentes fabricadas a partir de un ensamblado sucesivo de fleje plano encolado sobre hojas de grafito flexible.

Sin embargo, se ha observado que la junta según el invento conserva esta resistencia a la fluencia hasta una temperatura de 500°C en servicio continuo y al aire, mientras que una junta sin enganche mecánico según el estado de la técnica muestra una fluencia significativa a temperaturas más bajas.

La medida de la tensión máxima admisible  $Q_{S_{max}}$  a 400°C arroja un valor cercano a 200 MPa según la norma EN 13555.

Esta medida supera las medidas habituales en ensamblados según el estado de la técnica. Los valores de  $Q_{S_{max}}$  a 400°C no superan entonces los 150 MPa.

### 55 Ejemplo 3

Las estructuras multicapa clásicas (como: Sigraflex Select y HD, o Papyex® HP) no permiten por otra parte combinar un sellado acorde con la norma VDI 2440 (TA Luft) con tal resistencia mecánica a alta temperatura y una alta eficacia mecánica sin añadir un aro metálico que selle el canto interno de la junta como se describe en la patente US 6,962,349.

El corte de la junta en la placa por el operario en la dimensión correspondiente no permite entonces garantizar el nivel de fuga de la junta cortada requerido por la reglamentación sin controlar el proceso de adición de dicho aro.

No obstante, cabe observar que la estructura según nuestro invento combinada con dicho aro metálico permite obtener resultados acordes con la norma VDI 2440 (TA Luft) incluso sin añadir agentes funcionalizantes y ello pese al hecho que todas las capas metálicas estén perforadas, al contrario de lo que se describe en US 6,962,349.

## ES 2 326 702 T3

La tasa de fuga medida fue de  $8,9 \cdot 10^{-5}$  mb\*/l/s\*m en una estructura multicapa de 2 mm de espesor con 3 refuerzos metálicos perforados del mismo tipo que en los ejemplos anteriores. El grafito de las capas exteriores son de Papyex® 1980 de espesor 0,5 mm y densidad  $0,7 \text{ g/cm}^3$  mientras que las capas interiores tienen una densidad de  $1,1 \text{ g/cm}^3$  para un espesor de 0,6 mm.

### 5 Ejemplo 4

Se ha realizado una placa composite según el invento apilando de manera alternada seis hojas de grafito flexible fabricado por Carbone Lorraine, clase Papyex® N998, densidad  $1 \text{ g/cm}^3$ , espesor 0,5 mm (hojas suministradas en rollos de 1 m de ancho y 300 m de largo) y cinco hojas de acero inoxidable, clase 316, espesor 50 micras (hojas de 10 1 m de ancho y 300 de largo suministrada en bobinas). Las hojas de acero tenían perforaciones a base de agujeros de diámetro 1,2 mm distribuidos de manera homogénea con una densidad de 4 perforaciones por  $\text{cm}^2$ ; la altura de los dientes resultante de las perforaciones era de 650 micras sobre el plano de las hojas.

15 Se han realizado placas composites por colaminado en continuo de once capas (6 capas de grafito flexible, 5 capas metálicas perforadas), con un espesor total de unos 3 mm. Al salir del colaminado, los productos se conservaron de plano y se cortaron en placas de dimensiones 1 m x 1 m.

20 Se comprimieron 3 juntas de gran diámetro 540 mm para el exterior y 406,5 mm para el interior, cortadas en placas composites, a una presión de asiento de 120 MPa. Se sometieron estas juntas a una temperatura de  $350^\circ\text{C}$  durante 2 horas. Se midió después de volver a temperatura ambiental la variación relativa de espesor  $\Delta e/e$  y la variación relativa de superficie  $\Delta s/s$ . Esto permite evaluar en criterios geométricos la fluencia en caliente de las juntas.

25 Los resultados se exponen en la siguiente tabla:

| Mediciones   | Junta 1 | Junta 2 | Junta 3 |
|--------------|---------|---------|---------|
| $\Delta e/e$ | 6.65%   | 5.71%   | 7.10%   |
| $\Delta s/s$ | 1.01%   | 0.67%   | 0.59%   |

35 En estas condiciones de apriete y de temperatura y pese a los efectos de la dilatación diferencial entre las diferentes capas de grafito y de metal, esta junta de gran dimensión resiste perfectamente el fenómeno de fluencia.

40 Ninguna junta plana a base de grafito flexible alcanza valores tan bajos. La mayoría tendrá un  $\Delta e/e > 10\%$  y un  $\Delta s/s > 5\%$ .

El anclaje mecánico de las diferentes capas otorga así una resistencia mecánica superior a este producto con respecto a las demás soluciones existentes y ello sobre todo a temperaturas superiores a  $350^\circ\text{C}$ .

45

50

55

60

65

# ES 2 326 702 T3

## REIVINDICACIONES

1. Placa composite realizada por apilamiento alternado de (n+1) hojas (10, 11) de grafito flexible y de (n) hojas (20) de refuerzo metálicas perforadas de dientes, de modo que la primera y la última hoja de dicho apilamiento alternado sean hojas de grafito flexible,

**caracterizándose** dicha placa composite porque:

a)  $n \geq 2$ ;

b) Los espesores de las hojas de grafito flexible utilizadas pueden ser iguales o diferentes y son de tal índole que cualquier rodaja de espesor de 2 mm de la placa composite

(i) tiene como mínimo 3 capas de grafito flexible,

(ii) presenta una masa de grafito por unidad de superficie como máximo de 2,34 kg/m<sup>2</sup>;

c) Para cada una de dichas hojas de refuerzo metálicas perforadas, los dientes presentes en dicha hoja tienen una altura respecto a la superficie de dicha hoja que no rebasa 1,3 veces el espesor de la más fina de las capas de grafito flexible a la que está enganchada.

2. Placa composite según la reivindicación 1, **caracterizada** porque dichas hojas de grafito flexible son de espesor inferior a 0,6 mm y presentan todas una densidad máxima de 1,3 g/cm.

3. Placa composite según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque las hojas de grafito flexible situadas en las caras superior e inferior del apilamiento están realizadas con grafito flexible cuya densidad es inferior a la de la otra o de las otras hojas de grafito.

4. Placa composite según la reivindicación 1 ó 3, **caracterizada** porque la densidad de las hojas de grafito situadas en las caras externas del apilamiento no supera 0,7 g/cm<sup>3</sup>.

5. Placa composite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque no tiene en más o menos una interfaz metal/grafito funcionalizada de espesor inferior a 10 μm.

6. Placa composite según la reivindicación 5 **caracterizada** porque dicha funcionalización está seleccionada entre el grupo integrado por:

(a) Depósito de una capa de caucho nitrilo,

(b) Depósito de una capa u hoja de poliolefina,

(c) Depósito de una capa u hoja de polímero fluorado,

(d) Depósito de una capa u hoja de polímero fluorado elastómero termoplástico.

7. Placa composite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque el material de dichas hojas de refuerzo metálicas está seleccionado en el grupo integrado por: Acero, acero inoxidable, níquel, aleaciones de níquel, aluminio, aleaciones de aluminio, cobre, aleaciones de cobre.

8. Placa composite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque su espesor es de 2 mm y porque la misma permite, mediante corte, producir una junta circular de diámetro exterior 92 mm, de diámetro interior 49 mm que presenta una resistencia a la fluencia paralela a las capas hasta una presión de asiento en la junta superior a 200 MPa, preferentemente superior a 230 MPa y aún más preferentemente superior a 250 MPa, determinada en las siguientes condiciones:

- Apriete entre bridas normalizadas forma E DN40/PN40 según DIN 2635;

- Presión específica ejercida sobre las caras de la junta: 30 MPa;

- Ciclado térmico del conjunto junta/brida: 1 veces entre 25°C y 300°C; mantenimiento a 300°C durante 48 h.

- Medida de la resistencia mecánica  $Q_{s,max}$  según la norma EN 13555.

9. Placa composite según la reivindicación 8, **caracterizada** porque en las condiciones indicadas, dicha junta presenta una tasa de fuga, medida con el conjunto junta/brida a una presión de helio dentro de las bridas de 1 bar, inferior a  $10^{-4}$  mb\*/l/s\*m, y preferentemente inferior a  $5 \cdot 10^{-5}$  mb\*/l/s\*m.

## ES 2 326 702 T3

10. Junta de estanqueidad plana, producida por corte de una placa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

5 11. Junta circular de estanqueidad cortada en una placa composite según la reivindicación 9, **caracterizada** porque su resistencia a la fluencia paralela a las capas es superior a 200 MPa, preferentemente superior a 230 MPa y aún más preferentemente superior a 250 MPa, determinada en una junta de espesor 2 mm, de diámetro exterior 92 mm, de diámetro interior 49 mm en presión de asiento sobre la junta en las siguientes condiciones:

- 10 - Apriete entre bridas normalizadas forma E DN40/PN40 según DIN 2635;
- Presión específica ejercida sobre las caras de la junta: 30 MPa;
- Ciclado térmico del conjunto junta/brida: 1 vez entre 25°C y 300°C;
- 15 - Mantenimiento a 300°C durante 48 h;
- Medida de la resistencia mecánica  $Q_{s_{max}}$  según la norma EN 13555.

20 12. Junta de estanqueidad según una de las reivindicaciones 10 ó 11, **caracterizada** porque por lo menos una de sus caras externas está revestida con revestimiento antiadhesivo.

25 13. Junta de estanqueidad según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizada** porque presenta un tensión máxima admisible  $Q_{s_{max}}$ , determinada según la norma EN 13555 a 400°C, superior a 180 MPa, y preferentemente superior a 190 MPa.

30 14. Uso de una junta según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13 a una temperatura no superior a 600°C y preferentemente a una temperatura comprendida entre 350°C y 550°C y aún más preferentemente a una temperatura comprendida entre 400°C y 500°C.

35 15. Uso de una junta según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14 a una temperatura comprendida entre 450°C y 550°C durante un periodo acumulado superior a 24 horas.

35

40

45

50

55

60

65

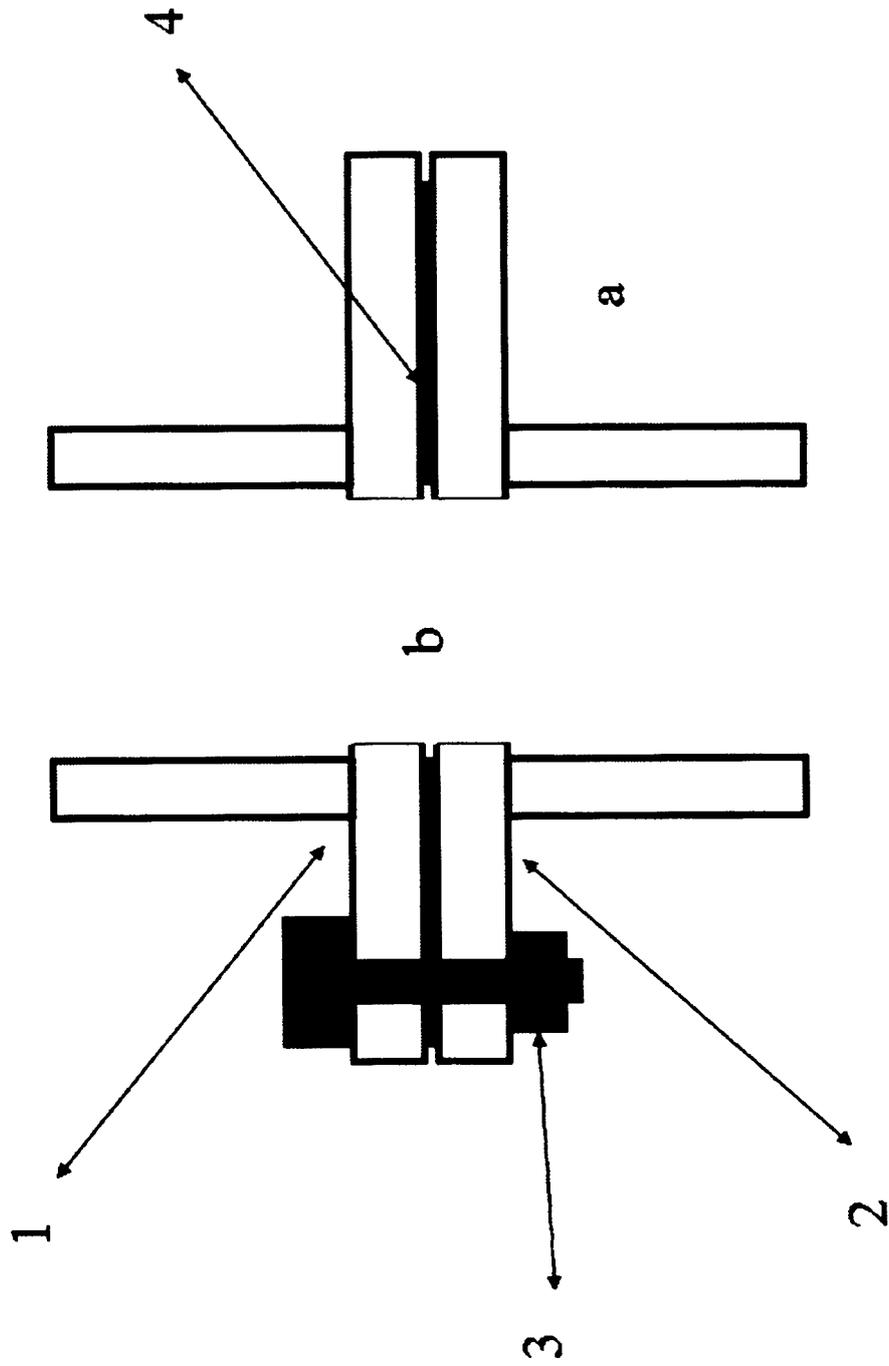


Figura 1

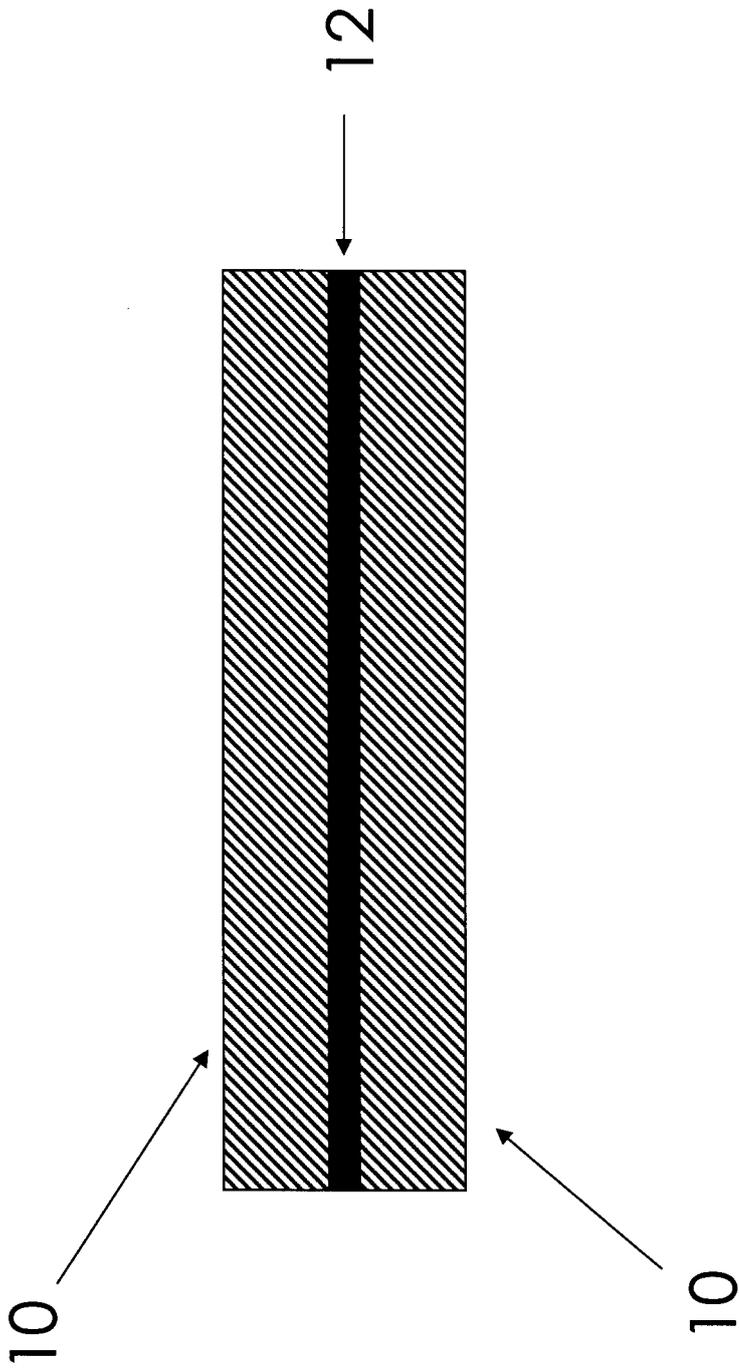


Figura 2

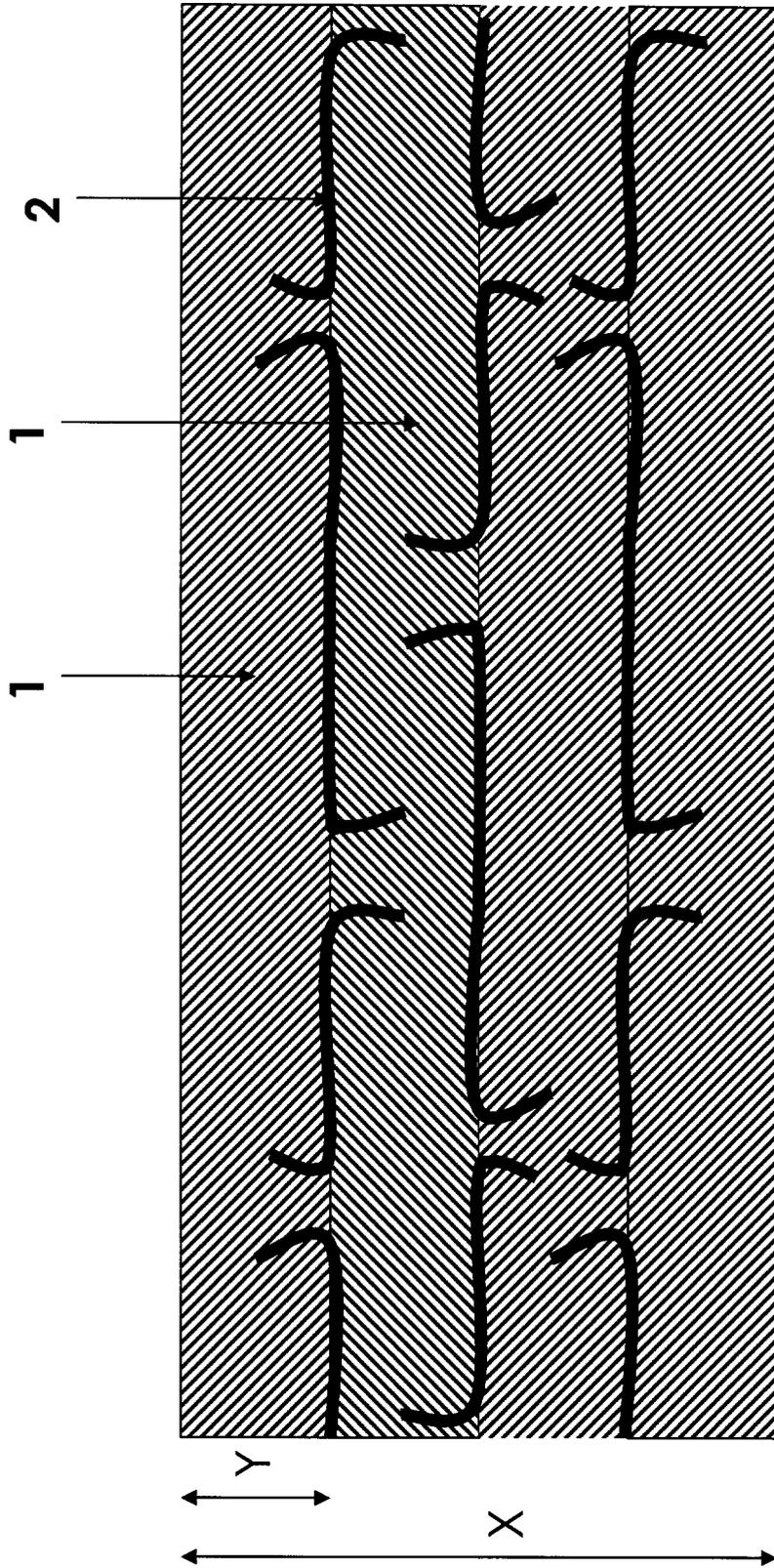


Figura 3

X = 2 mm  
Y = 0,5

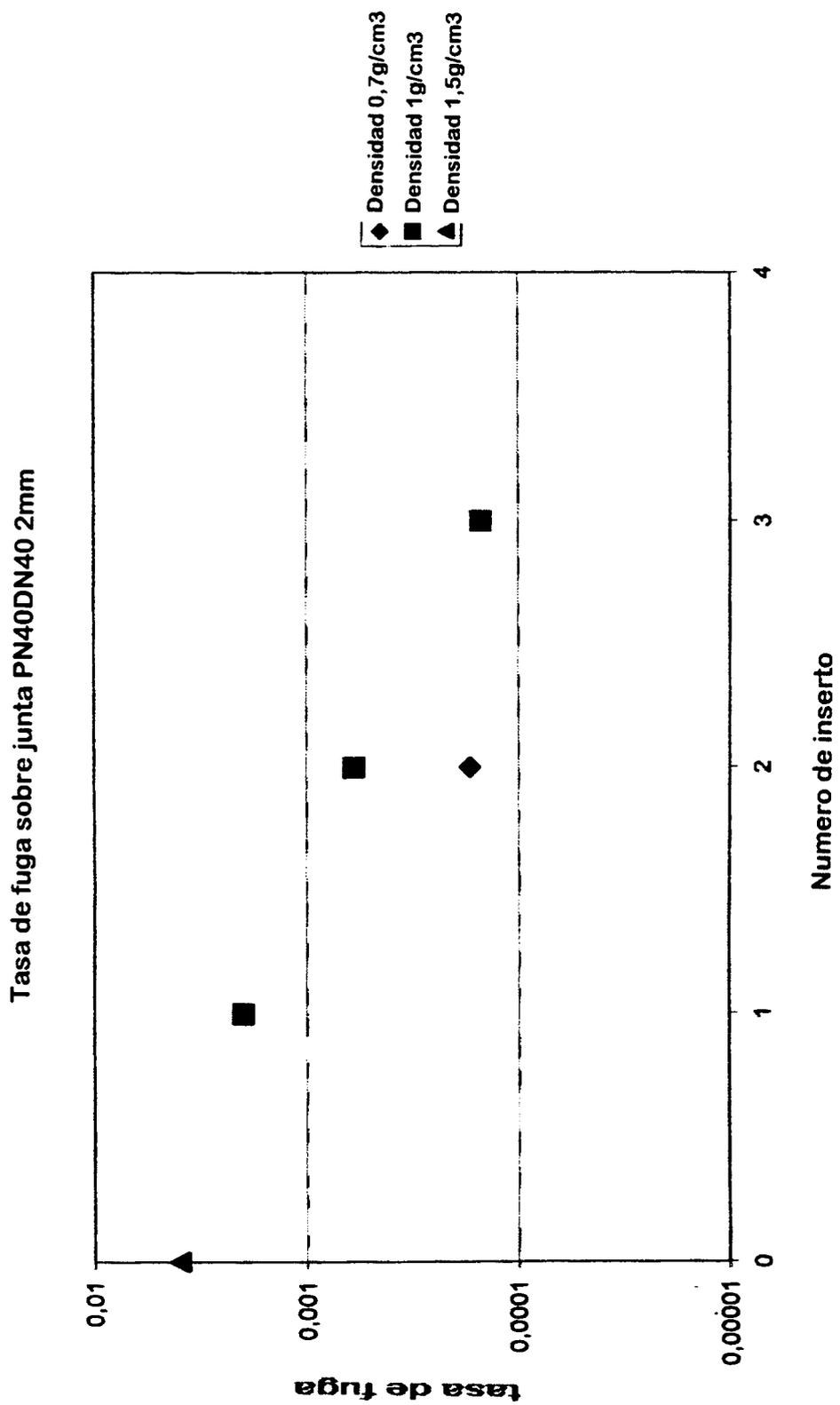


Figura 4

