

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 260**

51 Int. Cl.:

B29C 33/38 (2006.01)

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2011 PCT/FR2011/000571**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2012 WO12056122**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2011 E 11791016 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2632674**

54 Título: **Aparato de moldeo de materiales composites**

30 Prioridad:

28.10.2010 FR 1004233

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

28.11.2017

73 Titular/es:

**H-PREC (100.0%)
Zone Industrielle, 10ème rue/4ème avenue
06514 Carros Cedex, FR**

72 Inventor/es:

CRASSOUS, DOMINIQUE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 644 260 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de moldeo de materiales composites

5 El aparato descrito en esta patente permite fabricar un producto composite moldeado y que conserve su forma el tiempo necesario para la polimerización de la matriz. Permite formar, comprimir, conservar la forma y modificar la temperatura de un composite con matriz polimerizable contenido entre dos membranas flexibles y extensibles. Las características de este útil permiten moldear un producto sin que el composite entre en contacto con el molde y sin bolsas de aire residuales entre el molde y el material composite. Además, el coste del molde en este procedimiento no es exponencial en función de las presiones y temperaturas de presión necesarias para obtener un composite de alta calidad. El aparato de la patente utiliza unas soluciones técnicas originales y permite un ciclo de fabricación del composite que aporta respuestas a diversos problemas recurrentes durante la fabricación de productos de composites con matriz polimerizable. Las ganancias son significativas en términos de tiempo de trabajo, de coste del molde y de calidad del producto terminado en comparación con otros procedimientos conocidos.

15 Este tipo de producto de composite, habitualmente, se realiza con unas presas en las que se insertan unos moldes metálicos o de resina. El coste y la dificultad de realización de los moldes, así como los costosos materiales que los componen encarecen los productos terminados. La calidad del acabado de los moldes determina la calidad de acabado de la superficie de la pieza y esto aumenta la dificultad de fabricación y aumenta el coste. Este tipo de producción está adaptada principalmente a producciones de grandes series. En la mayoría de los procedimientos, el composite está en contacto directo con el molde y esto impone unas operaciones de preparación y mantenimiento del molde entre las fases de fabricación. La colocación de refuerzos impregnados o no impone una fase manual cuyo control depende de la competencia del operario. Unos procedimientos conocidos y controlados como el "RTM" (por sus siglas en inglés de "Resin Transfert Moulding" moldeo por transferencia de resina) permiten realizar piezas rápidamente con una calidad constante, pero vuelven el compactado de los refuerzos imposible lo que impide la fabricación de piezas de alta calidad mecánica.

25 La fabricación de piezas de composite por estratificación, infusión o inyección en moldes abiertos impone un acabado perfecto del molde cuyo coste ya es de por sí elevado. El considerable tiempo de trabajo debido a las numerosas operaciones sucesivas necesarias para la fabricación de la pieza terminada sube el coste unitario.

30 Este procedimiento es conveniente para series pequeñas de gran valor añadido. Las repercusiones de los gastos de utillaje en los precios de las piezas es una de las razones que hace que este procedimiento sea rentable para piezas de gran tamaño para las que el moldeo en una única operación representa un aumento de productividad. Los ejemplos más conocidos son los de los cascos y puentes de barcos de recreo o de piscinas de poliéster.

35 Otra categoría de utillajes está constituida por las presas de membrana que compactan y retienen el composite sobre el molde utilizando las propiedades físicas de un fluido. Ya se trate de aire durante una simple toma al vacío o de un gas o un líquido en una cámara cerrada, el principio sigue siendo el mismo: el composite está en contacto con el molde sobre el que está aplicado y presionado por la presión del fluido. La evacuación del aire entre el molde y el composite sigue siendo un problema a solucionar para todos los procedimientos. La cobertura de los tejidos de refuerzo sobre el molde antes o después de la impregnación por la matriz y la preparación del propio molde siguen siendo operaciones largas y delicadas. Los autoclaves utilizados en la mayoría de las fabricaciones que imponen una calidad mecánica óptima, se clasifican en la categoría de prensas de membrana, considerando que los problemas que plantean y las ventajas que aportan son muy similares.

40 El documento EP-A1-0410599 describe un procedimiento de moldeo de materiales composites, con una superficie de conformado del material, colocándose el material a moldear entre dos membranas. Un sistema de aplicación de presión por la parte de arriba del molde garantiza la deformación del material para su conformación en el molde. Esta aplicación de presión está compensada por un vacío por la parte de abajo del molde.

45 El documento WO-A1-00/53400 también muestra un aparato de moldeo pero en el que el material composite está directamente en contacto con el molde.

El documento US 5.108.532 presenta sustancialmente las mismas características que el documento EP-A1-0410599 con una aplicación de vacío por la parte de abajo del molde.

El documento DE-A1-102004025704 muestra un aparato complejo de moldeo en el que el molde descansa sobre un lecho de arena.

50 El aparato objeto de la patente (Fig.1) vista en sección (Q) (Fig.2 a fig. 10) está constituido por una cámara inferior (D) y una cámara superior (E) dispuestas, cada una, a un lado y otro del molde (A) y retenidas con relación a un chasis (B) rígido que permite la conformación de la parte periférica del molde durante la fase de compresión. El chasis (B) es lo bastante rígido y estable dimensionalmente como para garantizar que la zona del molde (A) retenida por el chasis permanecerá en el límite de tolerancia de la forma deseada durante toda la operación de fabricación efectuada con el aparato. Las cámaras superior (E) e inferior (D) tendrán la capacidad de resistir las tensiones de funcionamiento del aparato, pero podrán ser flexibles o rígidas a partir del momento en el que permitan obtener las presiones de funcionamiento deseadas. La estanqueidad de la cámara inferior (D) se realiza bien mediante la

5 inserción de una membrana flexible retenida en la periferia con relación al chasis (B) bien mediante una estanqueidad de la superficie de la parte inferior del molde (A) que garantiza de este modo la estanqueidad de la cámara inferior (D). En un modo de realización no cubierto por la invención, se puede prescindir de la cámara inferior (D) (Fig. 4) a condición de que el chasis (B) retenga el molde (A) por toda su superficie inferior (Fig. 2) considerando que el chasis (B) garantizará la retención del molde (A) en los límites de deformación fijados para el producto terminado y esto durante todas las fases de fabricación, así como, si fuera necesario, la estanqueidad de la parte del chasis (B) que sustituye la cámara inferior (D) del aparato.

10 El composite (C) está contenido entre dos membranas (G, F) estancas, flexibles y extensibles, a la matriz polimerizable del composite y que se adhieren o no a la matriz del composite y que separan la cámara (E) del molde (A). Los elementos composites (C) que constituyen la pieza final están contenidos entre estas dos membranas (G, F). Las membranas (G, F) pueden formar parte o no del producto final. Las membranas (G, F) se mantienen en la periferia de la cámara (E) de compresión de manera que la presión de un fluido pueda controlarse en las zonas de alrededor de las membranas (G, F), del lado de la cámara (E) o del lado del molde (A). De este modo, durante la operación de conformado, la extensión isobárica progresiva y controlada del conjunto o de una parte de las
15 membranas (G, F) que contienen el composite (C) empujadas por un fluido contenido en la cámara formada entre la membrana (F) y la cámara (E) para hacer que se presionen contra el molde (A) se hace limitando los riesgos de pliegues o deformaciones parásitas en los refuerzo del composite (C) o en la superficie de las membranas (G, F). En ese caso, la deformación de las fibras del refuerzo puede modelizarse y es más fácil calcular las características mecánicas del material composite terminado.

20 Las membranas (G, F) utilizadas para contener el composite (C) y/o separar las zonas en el aparato pueden estar compuestas por materiales flexibles deformables y resistentes al calor como, por ejemplo, las membranas de silicona diseñadas para este uso y empleadas en la mayoría de las prensas de membrana. En el aparato que se describe en esta patente, las membranas (G, F) también pueden estar compuestas por materiales baratos y considerados como consumibles. Ciertas películas flexibles extensibles tienen propiedades de deformación bajo presión a ciertas
25 temperaturas que hacen que adopten la forma del molde (A), la mayor parte del tiempo sin posibilidad de volver a su forma inicial tras el final de la operación de compresión, pero conservan su estanqueidad durante las fases de compresión y de polimerización de la matriz.

30 La zona entre las membranas (G, F) que contiene el composite (C) está cerrada o no según la manera en la que será fabricado el composite (C). El composite (C) puede fabricarse, entre las membranas (G, F) mediante cualquier procedimiento tradicional. El procedimiento empleado podrá ser, por ejemplo; una estratificación por aplicación manual de una matriz sobre un refuerzo, aplicando o no vacío al resultado; una cobertura manual de los tejidos preimpregnados; una infusión o inyección de la matriz en un refuerzo, antes o después de la conformación del refuerzo y de manera más general, cualquier tipo de procedimiento con la única condición de que esta construcción se realice entre las dos membranas (G, F) flexibles y extensibles. El composite (C) contenido entre las dos
35 membranas (G, F) se conforma en un molde (A) como lo haría una chapa metálica en un procedimiento de hidroconformado o entre un molde y un contramolde como una chapa en una prensa de embutición. A continuación, se conserva la forma del composite (C) mediante el fluido a presión contenido en la cámara (E) contra la membrana (F) el tiempo necesario para la polimerización de la matriz hasta obtener una pieza conformada al molde (A) y dimensionalmente estable.

40 Las características principales del molde (A) son la capacidad de los materiales que lo constituyen para resistir a la presión de los fluidos en la cámara del aparato y una porosidad de la superficie, al menos sobre las superficies donde la pieza se ha formado.

45 La presión de un fluido en la cámara superior (E) viene a conformar las membranas (G, F) que contienen el composite (C) en la superficie del molde (A). La porosidad del molde (A) permite conformar las membranas (G, F) y el composite (C) que contienen contra la superficie del molde sin que sea necesario habilitar orificios de ventilación en el molde. El aire se puede expulsar de la zona (L) entre la membrana (G) y el molde (A) mediante el gradiente de presión entre el interior de la zona (L) y el exterior. La creación de un vacío en la zona (L) comprendida entre el molde (A) y la membrana (G) puede realizarse completamente, sea cual sea la forma de la pieza, a condición de tener cerrada la periferia del molde y de haberlo equipado con accesorios que permitan el uso de una bomba de
50 vacío para garantizar la creación de un vacío en la zona (L). De este modo, ninguna bolsa de aire puede quedar aprisionada entre el molde (A) y la membrana (G) que contiene el composite (C) en contacto con el molde durante la fase de conformación.

La porosidad de la superficie del molde (A) también permite variar en cualquier momento y de manera homogénea la presión de un fluido entre el molde (A) y la membrana (G) en contacto con el molde (A).

55 Gracias a la porosidad de la superficie del molde (A), el desmoldeo de la pieza (C) una vez formada, puede realizarse ejerciendo una sobrepresión en la zona (L) entre el molde (A) y la membrana (G) en contacto con el molde (A). La porosidad de superficie del molde (A) permite distribuir la presión sobre la membrana (G) de manera homogénea y evitar así, durante la extracción, los inevitables deslaminados si las propiedades mecánicas del composite (C) aún no son las óptimas.

El molde (A) puede realizarse con numerosos materiales que tienen las dos características enunciadas antes, es decir: porosidad de superficie y la resistencia a la presión y a la temperatura de funcionamiento del aparato.

5 En la práctica, la superficie o la totalidad del molde (A) puede realizarse con unos materiales poco costosos como espumas porosas o aglomerados de madera o bien estar constituido por un material recubierto con un tratamiento superficial que permita el drenaje de un fluido hacia el exterior de la superficie sobre la que se conforma el composite (C).

Unas zonas del aparato están delimitadas por las membranas (G, F), la cámara y el molde (A). En estas zonas, el tipo de fluido, su presión y su temperatura pueden controlarse por separado gracias a unos orificios de acceso y a un conjunto de periféricos adaptados.

10 Durante la operación de compresión, el molde (A) está limitado por sus caras superior e inferior por la acción de los fluidos contenidos en el interior de las cámaras (D, E) o limitado en su cara superior por la acción del fluido en la cámara superior (E) sobre la membrana (F) y retenido por su cara inferior por un soporte rígido (P) solidario con el chasis (B) de retención.

15 Cuando el molde (A) está retenido por el chasis (B) entre las cámaras superiores (E) e inferiores (D) del aparato y que unos fluidos aplican una presión sobre sus superficies inferior y superior, las presiones pueden controlarse sobre estas dos caras del molde (A) mientras su periferia está retenida con una forma predefinida por el chasis (B) del aparato. De esta manera, una importante rigidez estructural ya no es un parámetro principal para el diseño del molde (A) puesto que es posible controlar su deformación entre la periferia y el centro modificando las presiones de los fluidos contenidos en las cámaras superiores (E) e inferiores (D).

20 En este útil, teniendo en consideración la rigidez del chasis (B) que garantiza la retención de la periferia del molde (A), la presión aplicada sobre el molde (A) puede descomponerse en dos componentes.

25 La primera es la resultante de todas las fuerzas normales al plano formado por el chasis (B) del aparato que retienen el molde (A); estas presiones pueden equilibrarse y en todos los casos su diferencial puede controlarse regulando las presiones en las cámaras inferiores (D) y superiores (E) del aparato. Para estas fuerzas, la resistencia a la deformación bajo presión del o de los materiales que constituyen el molde (A) es el único criterio que nos interesa.

30 La segunda es la resultante horizontal de las fuerzas generadas por la aplicación de presión de los fluidos en las cámaras (D, E). En el caso de unos moldes con un hueco importante, estas fuerzas paralelas al plano del chasis (B) de retención pueden ser importantes y provocar unas tracciones en el molde (A) que pueden llegar hasta la ruptura del o de los materiales que lo constituyen. Para resolver este problema, el molde (A) estará dotado con uno o varios refuerzos (H) paralelos al plano en el que el chasis (B) retiene el molde (A) en posición, realizados con un material resistente a las tensiones de tracción generadas sobre el mismo por el aparato. Estos refuerzos (H), solidarios con el molde (A), pueden estar constituidos, por ejemplo, por unas placas de fibras de composite y resina o por unas chapas metálicas. De tal manera que gracias a la acción de estos refuerzos (H), las tensiones en el molde (A) pueden descomponerse y resumirse en tensiones de compresión sobre las caras opuestas a las cámaras (D, E) que contienen los fluidos, en tensiones de tracción paralelas al plano en el que el chasis (B) del aparato retiene el molde. Estas últimas fuerzas se retoman en tracción en el plano de refuerzo y en cizallamiento en el material del molde (A) situado en las zonas retenidas en la periferia del molde por el chasis (B) del aparato.

40 La introducción, en las cámaras (D, E) de líquidos incompresibles correspondientes al volumen teórico exacto de las cavidades definidas cuando el material composite (C) se conforma en el molde (A) permite, cuando se aplica presión sobre los líquidos, garantizar la perfecta conformación de la pieza en el molde (A). Un líquido incompresible utilizado para gestionar la conformación del composite (C) y someter las cámaras (D, E) a presión tiene además la ventaja de permitir el uso de altas presiones de trabajo sin que el sistema presente un riesgo de explosión, a la inversa de los autoclaves en los que se somete a presión una gran cantidad de gas. Esto simplifica tanto el cumplimiento de las normas de seguridad del aparato como el control y mantenimiento del mismo.

45 La presión puede variar de manera independiente en todas las zonas cerradas del aparato. De esta manera, la deformación de las membranas (G) y (F) que contienen el composite (C) puede controlarse y optimizarse.

50 La importancia de esta función se debe al hecho de que la operación de conformado del composite (C) se efectuará de manera diferente según la forma del molde (A) y, por tanto, de la tensión a la que someterá a las membranas (G) y (F) que contienen el composite durante la fase de conformación del material composite (C) sobre el molde (A). La presión en la cámara (E) puede ser elevada, de manera a compactar al máximo posible el material composite (C) antes de la polimerización de la matriz, reducir al mínimo las bolsas de aire o de vacío en el interior del material composite (C) y optimizar el posicionamiento de los refuerzos entre sí, así como el posicionamiento del conjunto de materiales que constituyen el composite (C) en el molde (A). Esta presión habitualmente se obtiene en unos hornos autoclaves mediante el aumento de la presión del aire en torno a la pieza hasta unas presiones de aproximadamente 0,8 a 1 MPa que habitualmente se usan para unas piezas mecánicas destinadas a ser sometidas a grandes tensiones. Estas cámaras de alta presión son muy delicadas y costosas de realizar, habida cuenta del riesgo de explosión en caso de rotura de la cámara. En el aparato objeto de la patente, la sobrepresión se puede obtener con la ayuda de un fluido no compresible en estado líquido, tal como agua o aceite. Esta característica hace que sea fácil

aplicar presión y el importante calor másico de algunos de estos fluidos permite obtener una regulación eficaz de la temperatura en el aparato. De este modo, se puede mantener la temperatura baja para bloquear o ralentizar la polimerización de la matriz del composite o aumentarse de manera regulada durante la fase de polimerización de la matriz.

5 Según las temperaturas de formación y cocción deseadas se elegirán distintos fluidos. Se pueden usar varios fluidos en función de las aplicaciones o de las fases sucesivas de una misma fabricación (agua a partir de 0 °C y más para la formación y aceite a más de 100 °C para la cocción, por ejemplo). Pueden retenerse varios moldes (A) (Fig. 3) con sus juegos de membranas (G) y (F) en el mismo chasis (B) conservando en el aparato las mismas funcionalidades de trabajo que con un único molde (A). La única limitación consiste en trabajar con unos moldes (A) para los que las presiones de trabajo sean compatibles.

10 Se pueden habilitar unas zonas o puntos de referencia fijos en el molde (A) de manera a permitir su colocación en un punto de referencia normalizado. Gracias a estos puntos de referencia y a la porosidad de la superficie del molde (A), el composite (C) obtenido tras la conformación en el molde (A) y polimerización de la matriz se puede retener en posición por depresión sobre el molde (A), el cual está posicionado sobre un centro de mecanizado digital. El mecanizado de acabado se puede realizar rápidamente, en las mejores condiciones de retención y de precisión. El molde (A) puede servir, por tanto, alternativamente de molde (A) de formación y de soporte para la retención de la pieza formada durante su mecanizado en un centro de mecanizado digital. El molde (A) también puede usarse como conformador reteniendo una pieza mediante la aplicación de vacío sobre este mientras la matriz se polimeriza u otras piezas se ensamblan en la pieza así retenida.

20 Para retener el molde (A) en su forma inicial durante el trabajo en el aparato, se pueden usar dos soluciones.

La primera consiste en poner el molde (A) en el aparato de tal manera que una vez que el molde (A) está retenido en la periferia por el chasis (B) y antes de que las cámaras (D, E) se sometan a presión, el molde (A) tenga la forma final deseada. A continuación, la deformación de las cámaras (D, E) con relación al chasis (B), durante la aplicación de presión, será idéntica en ambos lados del molde (A) cuando las cámaras superiores (E) e inferiores (D) estén a la misma presión. De esta manera, el aumento de la presión en el aparato causará una variación de volumen idéntica para las cámaras (D, E) mientras que el molde (A) permanece fijo con respecto al chasis (B) del aparato.

25 La segunda solución consiste en introducir un sistema de medición de la posición del molde (A) con respecto al chasis (B) que permita saber en todo momento la posición de ciertos puntos de referencia del molde (A) con respecto al chasis (B) que constituye la zona de referencia del aparato. Gracias a este sistema, será posible hacer variar la presión por separado en las cámaras superior (E) e inferior (D) de manera a regular la posición del molde (A) con relación al chasis (B) y, por tanto, a su propia zona periférica que está retenida por este mismo chasis.

30 Es posible separar la superficie del molde (A) (Fig. 6) sobre la que el composite (C) debe conformarse en varias zonas, con la ayuda de juntas (J) que permiten determinar diferentes zonas (I), en las que las presiones de los fluidos podrán regularse por separado. La cámara (E) enfrente del molde (A) podrá compartimentarse a su vez, si fuera necesario, frente a frente de unas separaciones de las zonas (I) efectuadas en el molde. Lo mismo se aplica, si fuera necesario, para la cámara (D) situada en la cara inferior del molde (A) que puede separarse en zonas independientes (L). Esto permite diferenciar las presiones de formación o de compactado a demanda. Este equipo también permite realizar unas fases de aplicación de vacío y compactado sucesivas para un mismo molde (A). Obteniéndose el equilibrio zona a zona en las caras superior e inferior del molde (A), esta operación de compresión con presiones diferenciadas puede obtenerse controlando las deformaciones del molde (A) así como su posición con relación al chasis (B).

35 Para fabricar unas piezas huecas (Fig. 7), es posible instalar unos moldes (A) no de manera a realizar unas fabricaciones independientes superpuestas como se indica más adelante, sino con las caras sobre las cuales el composite (C) debe conformarse frente a frente. Las membranas (G) y (F) que contienen el composite (C) se disponen en el aparato entre los dos moldes (A). Unas bolsas (N) flexibles y extensibles se dispondrán en el composite (C) contenido entre las dos membranas (G) y (F). Estas bolsas (N) estarán equipadas de tal manera que sea posible introducir un fluido en cada una de entre ellas y de hacer variar la presión conjunta o independientemente. Tras la polimerización y según las posibilidades de acceso ofrecidas por el producto terminado mecanizado en las zonas que contienen las bolsas (N), las bolsas podrán bien retirarse del producto terminado o bien dejarse permanentemente en el interior de este producto. En este tipo de fabricación, el principio general de funcionamiento del aparato permanece idéntico al principio descrito más adelante.

40 Mediante la inyección de espuma o por formación de un material polimerizable entre dos membranas (G) y (F) que determinan la forma de la pieza terminada, es posible fabricar un contramolde (M) o un molde conformador sin pasar por un mecanizado. Los moldeos obtenidos con este procedimiento pueden servir de contramolde (M) (Fig. 5) para la conformación del composite (C) durante la operación de formado o para conformar las piezas una vez que han salido del aparato, en tanto que esto sea necesario, hasta el final de la polimerización de la matriz que, según el tipo de matriz usado y las condiciones de temperatura, puede variar de unos minutos a varios días.

5 En el caso en el que se use un contramolde (M) total o parcial con relación a la superficie sobre la que el composite (C) debe conformarse durante la operación de fabricación, estará contenido en una zona del aparato delimitada, por una parte, por la membrana (F) que contiene el composite (C) y, por otra parte, por una membrana (D) que lo separa de la cámara (E) del aparato. La presión de los fluidos en la zona entre estas dos membranas (F) y (G) y en la cámara (E) puede regularse de manera separada. En un primer tiempo, la forma del contramolde (M) está empujada por la presión del fluido contenido en la cámara superior (E) contra el molde (A). Si la situación permaneciera en el mismo estado, la presión sería máxima sobre las superficies normales a la cámara (E) y en contacto con el contramolde (M) y nula en las superficies perpendiculares a la cámara. Todas las superficies con unos ángulos intermedios estarían limitadas de manera diferente en función del ángulo y espesor del composite (C). En el aparato, la primera conformación de los refuerzos o de los refuerzos y de la matriz no polimerizada, según los casos, se puede hacer con ayuda del contramolde (M) que garantiza una primera colocación. En un segundo tiempo, se introduce un fluido, compresible o no, entre las membranas inferior (F) y superior (P) que contienen el contramolde (M). La aplicación de presión en este fluido provoca una aplicación homogénea de presión en las membranas (F) y (G) que contienen el composite (C) contra el molde (A) durante la fase de polimerización de la matriz como sería el caso en un autoclave. Esta característica diferencia nuestro procedimiento del procedimiento "RTM" (por sus siglas en inglés de "Resin Transfert Moulding" moldeo por transferencia de resina). En el "RTM", el molde y el contramolde están fijos y la cantidad de matriz se determina en cuanto se procede al cierre del molde y del contramolde. En nuestro procedimiento, la aplicación de presión en la membrana (F) gracias a un fluido permite un compactado del composite (C) y una colocación de las fibras, así como una optimización de la cantidad de matriz y de refuerzo, exactamente tal y como es el caso en un autoclave.

25 En el caso en el que se use el contramolde (M), el compactado del composite (C) con la ayuda del fluido contenido en la cámara que contiene el contramolde puede generar un espacio entre el contramolde y la membrana (F) que contiene el composite. Este espacio puede deberse a una mala optimización del compactado en la zona considerada o a una forma del molde (A) que no permite una conformación durante el traslado del contramolde (M). En este caso y si fuera necesario para darle a la pieza terminada una cota precisa, es posible realizar la primera aplicación del composite (C) que, se conformará, se compactará y luego se polimerizará hasta que se efectúe una segunda inyección de resina entre la membrana (F) que contiene el composite situada del lado del contramolde (M) y el composite ya polimerizado. Debido a ello, la parte de la pieza obtenida durante la primera fase conservará sus propiedades mecánicas y la pieza final se ajustará a la forma deseada en una única operación.

30 En el caso de que la matriz se aplique en el refuerzo en estado líquido, es decir, en el caso en el que no se utilicen tejidos preimpregnados cuya relación de refuerzo y matriz se haya optimizado, es posible, en el aparato descrito, tras haber obtenido una impregnación por infusión, inyección o aplicación manual de la matriz sobre el refuerzo, realizar un compactado como se ha descrito anteriormente. Después de esta fase, cuyo efecto principal es el de optimizar el reparto y la posición de la matriz y del refuerzo, es posible, abriendo la zona entre las membranas (F) y (G) que contienen el composite (C) bien al exterior, bien a una zona con una fuerte depresión con respecto a la presión establecida en las cámaras (D, E) del aparato, hacer fluir hacia esta zona exterior al aparato una parte de la matriz cuya cantidad estuviera en exceso hasta obtener la relación ideal deseada entre matriz y refuerzo. Tras esta fase, se pueden dejar las aberturas abiertas o cerradas para retomar el compactado del composite (C) sin riesgo de hacer fluir más parte de la matriz hacia el exterior del aparato.

40 Los problemas encontrados durante la producción de cantidades importantes de piezas de composite con el sistema "RTM" están vinculados al desgaste del molde, lo que conlleva el uso de unos moldes metálicos para las grandes series y al control de la temperatura entre las diferentes series de fabricación, lo que se revela difícil y muy costoso energéticamente, considerando la inercia térmica de los materiales utilizados para la fabricación de los moldes, ya se trate de metales o de resinas. El desgaste se debe en parte al mantenimiento del molde que comprende unas fases de preparación y limpieza que conllevan una abrasión y una agresión química de las superficies. El desgaste se debe también al rozamiento de los refuerzos sobre el molde durante el cierre de la cámara en el que la matriz debe inyectarse. Para evitar que este desgaste adquiera unas proporciones demasiado importantes, se usan unos aparatos especialmente diseñados para formar los refuerzos en los moldes. Además, para una calidad óptima en la fabricación de un composite termoendurecible, es fundamental controlar el ciclo de temperatura durante la polimerización con el fin de optimizar la calidad del composite obtenido. Los moldes metálicos o de resina requieren mucha energía para enfriarse al final del ciclo y su inercia térmica conlleva unos tiempos muy largos de recuperación de la temperatura óptima. Este inconveniente conlleva automáticamente una bajada de la calidad durante la producción de grandes cantidades de piezas de composite con los procedimientos tradicionales y largos plazos de fabricación. En el aparato que se describe en la patente, el composite (C) no está directamente en contacto con el molde (A) y la elección de membranas que conlleven poca abrasión durante la conformación permite acumular un ahorro de tiempo, al evitar el preformado y la conservación del molde (A) que no está sometido a las agresiones que representan la limpieza y la aplicación de un desmoldante químico sobre sus superficies, así como, a la abrasión generada por la fricción con unos materiales tan duros y abrasivos como la fibra de vidrio, de aramida o de carbono que constituyen los refuerzos de las piezas de composite.

60

Como el problema de la adherencia de la matriz al molde ya no se plantea, la elección de los materiales o combinaciones de materiales posibles para fabricar el molde está mucho menos limitada con el procedimiento descrito en la presente memoria que con los procedimientos conocidos. Las cerámicas son unos materiales que pueden ser porosos o microporosos, disponibles en forma de cemento o de ladrillos, mecanizables con unas herramientas controladas para fabricar unas piezas con la forma deseada y que resisten a la compresión a presiones muy elevadas. Su uso está perfectamente adaptado, por tanto, a la fabricación de moldes para el aparato descrito.

Asociados a un refuerzo (H) que presenta una importante resistencia a la tracción y poco alargamiento como se ha descrito antes, estas cerámicas aportan ventajas determinantes para la fabricación de grandes series realizadas con el aparato descrito en esta patente. La primera cualidad es la posibilidad de obtener un acabado óptimo de la superficie, conservando una microporosidad de la cerámica propicia para la evacuación del volumen de fluido aprisionado entre la membrana (G) y el molde (A). La segunda cualidad es una dureza superficial que limita el desgaste del molde (A) considerando, además, que solo está sometido a las tensiones debidas al contacto con la membrana (G) durante el ciclo de fabricación. La tercera cualidad es la capacidad de aislamiento térmico de las cerámicas que permite controlar la temperatura de los composites durante la polimerización de la matriz únicamente con la ayuda de la temperatura de los fluidos contenido en las cámaras (D, E) al influir muy poco las variaciones de temperatura del molde (A) sobre el procedimiento. De esta manera, es posible realizar cada fase de fabricación a una temperatura inducida principalmente por el efecto de los fluidos usados en el aparato sin una incidencia notable del aumento o reducción de temperatura del volumen del molde (A), como es el caso con los moldes de metal o de resina usados en los procedimientos conocidos. Al ser las cerámicas un aislante de muy alta calidad, protegen de la transmisión de calor al refuerzo inferior (H) que garantiza la resistencia a la tracción del molde (A) durante el aumento de presión.

Debido a este hecho, es posible la asociación de materiales como los composites de la matriz y el refuerzo y, de manera más particular, de resina epoxi o fenólica y fibra de carbono, en lugar de un refuerzo metálico incluso en el caso de usar fluidos a muy alta temperatura con el fin de acelerar los ciclos de polimerización de la matriz del composite. Las resinas epoxi o fenólicas que vinculan las fibras de carbono pierden sus cualidades mecánicas más allá de cierta temperatura, generalmente comprendida entre 80 y 200 grados, dependiendo de las resinas y es posible trabajar de manera continuada con un molde de cerámica reforzado por su cara inferior con un refuerzo sin que la cara inferior aumente de temperatura por encima de los límites de resistencia de las resinas mencionadas. Gracias al aislamiento térmico ofrecido por la cerámica es posible controlar las deformaciones debidas a las diferencias en el coeficiente de dilatación de los materiales que constituyen el molde (A). Bien el aislamiento térmico garantizado por la cerámica es suficiente como para que las diferencias de temperatura en el transcurso del ciclo induzcan una deformación insignificante con respecto a los límites fijados por el pliego de condiciones del composite y del molde; bien es necesario, considerando el uso, durante las fases de producción, de fluidos empleados a muy alta temperatura o a muy baja temperatura, incluyendo el caso de choques térmicos vinculados a la sucesión en un plazo de tiempo muy breve de fluidos muy calientes y muy fríos en las cámaras (D, E) del aparato, instalar un dispositivo en la construcción del molde (A) que permita con un equipo y periféricos adaptados, calentar o refrigerar ciertas zonas del molde (A). El aislamiento térmico garantizado por la cerámica reducirá considerablemente la necesidad de regulación térmica en el interior del molde (A) para obtener el resultado esperado, en materia de control de la estabilidad, en cuanto a la forma del molde (A).

Los materiales cerámicos porosos o microporosos tienen una excelente resistencia a la compresión a las presiones usadas en la industria para la conformación y el compactado de los composites. Soportan peor las tensiones de flexión, torsión y tracción. Como ya se ha visto antes, es posible asociarlos con unos refuerzos a los que están vinculados y que garantizan la resistencia del molde (A) a la tracción y al chasis periférico (B) cuya rigidez garantiza el control de la torsión, la presión en la cámara inferior (D) o al soporte de la bandeja (Fig. 4) (B) que controla la flexión del molde (A).

Otra solución consiste en integrar el molde poroso al menos sobre la superficie sobre la que el composite (C) se forma en el aparato, equipado con unas vías y unos periféricos que permiten la evacuación de fluidos hacia el exterior de la cámara del aparato (de la Fig. 8 a la fig. 10), entre la membrana (G) y, bien una bandeja (B)(Fig. 8), bien un tabique rígido cuya forma está controlada por un fluido (Y Fig. 9), bien una membrana flexible (Z) (Fig. 10) que delimita una cámara en el que es posible controlar la presión de un fluido. La forma de la parte periférica del molde es tal que cuando el aparato está en su presión de servicio, el molde recibe sobre el conjunto de su superficie exterior una presión isobárica aplicada por la membrana (G) sobre su cara superior y por la membrana (Z) (Fig. 10) sobre su cara inferior o una presión isobárica sobre su cara superior equilibrada por la resistencia de la bandeja (B) (Fig. 8) o del tabique (Y) (Fig. 9) sobre su cara inferior.

REIVINDICACIONES

1. Aparato destinado a formar y compactar un composite (C) dotado de una matriz, incluyendo dicho aparato:

5 dos membranas (G, F) flexibles y extensibles adecuadas para contener el composite (C) que se adhieren o no al composite (C) y para retenerlo sobre un molde (A) de conformación durante la polimerización de la matriz, estando el molde (A) constituido por uno o varios materiales resistentes a la compresión a la presión aplicada por la membrana (F) sobre el composite (C),

10 un chasis (B) que retiene las dos membranas (G, F) y el molde (A) en su periferia y relativamente entre ellos, una cámara superior (E) que recibe un primer fluido cuya presión es variable en el interior de la cámara superior (E), estando la cámara superior (E) separada del molde (A) por las dos membranas (G, F),

caracterizado porque incluye una cámara inferior (D) que recibe un segundo fluido y unos medios de regulación de la presión de dicho segundo fluido en el interior de la cámara (D) configurados para hacer que la presión de dicho segundo fluido varíe en la superficie inferior del molde (A) y, por consiguiente, para controlar la deformación del molde (A) mientras la presión del primer fluido varía en la cámara superior (E), estando las cámaras superior (E) e inferior (D) dispuestas a un lado y otro del molde (A),

15 y en el que el molde (A) se retiene en la periferia con relación al chasis (B) y es poroso al menos en la superficie en la que el composite (C) es adecuado para ser conformado, con el fin de eliminar cualquier fluido contenido entre el molde (A) y la membrana (G) por gradiente de presión del primer y segundo fluidos durante la conformación del composite (C) en la superficie del molde (A).
2. Aparato según la reivindicación 1 **caracterizado porque** al menos una de las dos membranas (G, F) es de un material adherente al composite (C) para formar el revestimiento de la superficie de una pieza final por adherencia a la matriz durante la polimerización de la misma.
3. Aparato según las reivindicaciones 1 y 2 que comprende un refuerzo (H) retenido en la periferia por el chasis (B) que presenta una resistencia a la tracción configurada para que su alargamiento durante la aplicación de presión en los fluidos del interior del aparato sea en todos los casos inferior al límite de ruptura en tracción del o de los materiales que constituyen el volumen del molde (A) sobre el que el composite (C) es adecuado para formarse cuando el aparato está en su intervalo de temperatura y presión de servicio.
4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3 que comprende unas vías habilitadas en la periferia de las membranas (G, F), permitiendo las vías, gracias a unos periféricos adaptados, controlar la creación de un vacío completo o relativo de la zona comprendida entre las membranas (G, F), controlar la inyección de la matriz del composite (C) entre las membranas (G, F) y controlar el drenaje hacia el exterior del volumen comprendido entre las membranas (G, F) de un exceso eventual de la matriz por el hecho de un gradiente de presión entre la presión en las cámaras en el interior del aparato y la presión predominante en la zona hacia la cual se extrae la matriz.
5. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 que comprende unas zonas en el molde (A) delimitadas por unas juntas de estanqueidad (J) en la superficie del molde, enfrente o no de bolsas separadas en unas cámaras de compresión superior (K) e inferior (L), de manera que la presión de un fluido pueda gestionarse por separado en las distintas cámaras comprendidas entre las zonas del molde (A) así delimitadas y la membrana inferior (G) que contiene el composite (C) y que se encuentra en contacto con el molde (A) a la vez que se conserva la posibilidad de controlar la deformación del molde sobre el que el composite (C) es adecuado para conformarse con relación al chasis (B) influyendo sobre la presión de fluidos en el interior de las bolsas en la cámara inferior (L) y superior (K).
6. Aparato según una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado por el hecho de que** el volumen del molde (A) es de cerámica porosa o microporosa.
7. Aparato según una de las reivindicaciones 1 a 6 **caracterizado por el hecho de que** al menos la superficie del molde sobre la cual el composite (C) está formado es de cerámica porosa o microporosa.
8. Aparato según las reivindicaciones 3, 6 y 7 **caracterizado por el hecho de que** el refuerzo (H) integrado en el molde (A) y que garantiza la resistencia a la tracción del molde (A) está constituido por una matriz de composite y fibra de carbono.
9. Aparato según las reivindicaciones 3, 6, 7 y 8 en el que el molde (A) comprende un revestimiento de cerámica de aislamiento térmico de la superficie de conformado del composite (C) para reducir la amplitud térmica en la masa del molde (A) que permite el uso de materiales que tienen unos coeficientes de dilatación diferentes para la fabricación del molde (A) sin consecuencias debidas a las temperaturas de los fluidos utilizados en el aparato.
10. Aparato según las reivindicaciones 3, 6, 7, 8 y 9 que comprende unos equipos configurados para calentar o refrigerar el molde (A) para controlar la dilatación de los materiales que constituyen el molde (A) independientemente de las temperaturas de los fluidos usados en el aparato.
11. Aparato según las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, **caracterizado porque** el molde (A), poroso al menos

- 5 en la superficie de conformado del composite (C), está instalado en el aparato, equipado con unas vías y unos periféricos que permiten la evacuación de fluidos hacia el exterior de la cámara del aparato, entre la membrana (G) y, bien una bandeja (B), bien un tabique rígido (Y) cuya forma está controlada por un fluido, bien una membrana flexible (Z) que delimita una cámara en la que es posible controlar la presión de un fluido; la forma de la parte periférica del molde (A) es tal que cuando el aparato está a su presión de servicio, el molde (A) recibe una presión isobárica aplicada por la membrana (G) sobre su cara superior y la membrana (Z) sobre su cara inferior o una presión isobárica sobre su cara superior equilibrada por la resistencia de la bandeja (B) o del tabique (Y) sobre su cara inferior.
- 10 12. Aparato según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer y segundo fluido son unos líquidos incompresibles.
13. Procedimiento de formación y compactado de un composite (C) que incluye una matriz, que comprende el uso de un aparato según una de las reivindicaciones anteriores y la conformación y retención del composite (C) en el molde (A) durante la polimerización de la matriz.
- 15 14. Procedimiento según la reivindicación anterior que incluye una regulación de la presión y de la temperatura de los fluidos en las zonas del aparato donde circulan unos fluidos con la ayuda de accesos y periféricos adaptados.
15. Procedimiento según una de las dos reivindicaciones anteriores que comprende la retención en su posición del composite (C) tras la polimerización de la matriz mediante una aplicación de depresión en la zona entre el molde (A) y el composite (C) debido a la porosidad de la superficie del molde (A) que permite controlar de manera homogénea la presión de un fluido entre el composite (C) y el molde (A).
- 20 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 o 14 en el que un contramolde (M) que tiene características similares a las del molde (A) se introduce enfrente del molde (A), separado del composite (C) por una membrana (F); y en el que, durante la siguiente fase, la membrana que recubre el contramolde (M) es empujada por un fluido hacia el molde (A) para homogeneizar la presión soportada por las membranas que contienen el composite (C), manteniéndose la presión el tiempo necesario para la polimerización total o parcial de la matriz, tras lo cual, bien se inyecta o infunde una resina polimerizable entre el composite (C) y la membrana superior (F) que contiene el composite (C) sobre la cara enfrentada al contramolde (M) con el fin de conformar la parte de la pieza enfrente del mismo con la forma del contramolde (M), bien se hincha una vejiga (N) con la ayuda de las vías y periféricos adaptados para desplazar los elementos del composite contenidos entre las membranas (G, F) hacia el molde (A) para una parte y hacia el contramolde (M) para la otra parte; el contramolde (M) que presenta una porosidad superficial al menos sobre la zona enfrente de la cual se conforma el composite (C) de manera que la presión del fluido que permite el compactado del composite (C) sobre el molde (A) pueda controlarse de manera homogénea sobre toda la superficie y permitir el desplazamiento regular de la membrana (F) hacia el contramolde (M) y la evacuación del fluido contenido entre la membrana (F) y el contramolde (M) hacia el exterior de la zona de compresión por gradiente de presión durante la fase de inyección de resina tras la polimerización completa o parcial
- 30 del composite (C) compactado durante la primera fase o durante el hinchado de la vejiga que permite desplazar el composite entre las membranas (G, F).
- 35

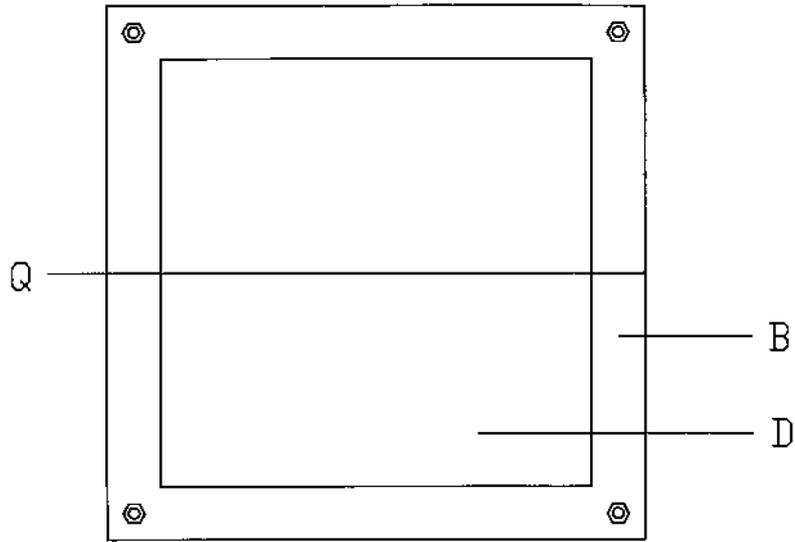


FIG 1

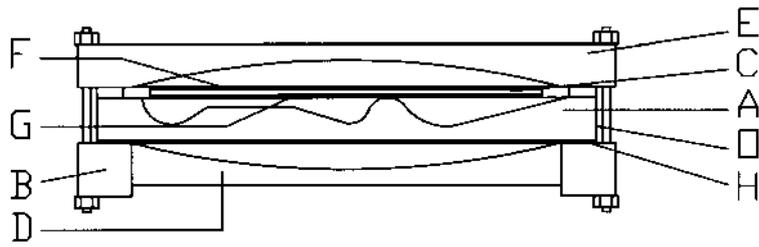


FIG 2

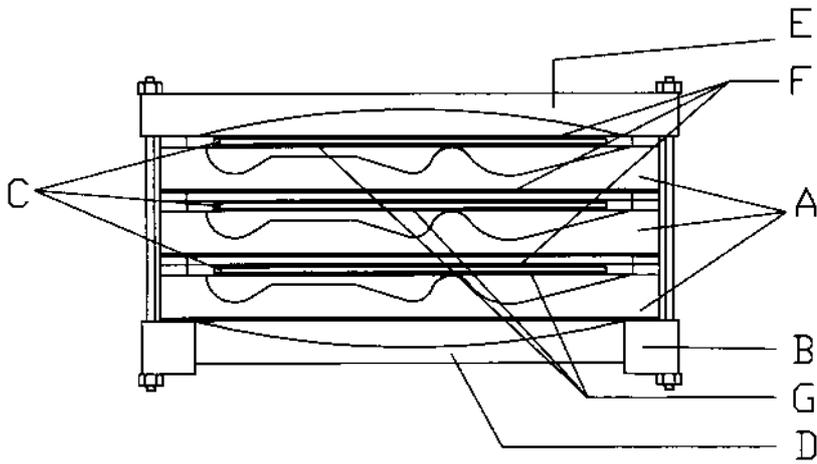


FIG 3

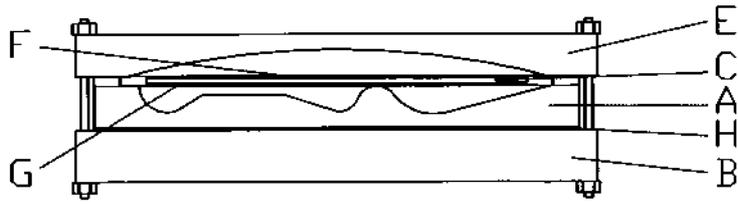


FIG 4

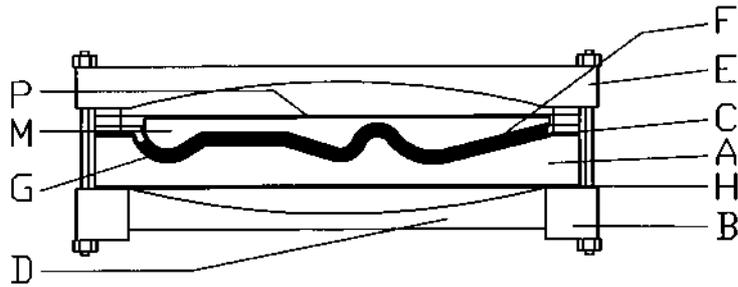


FIG 5

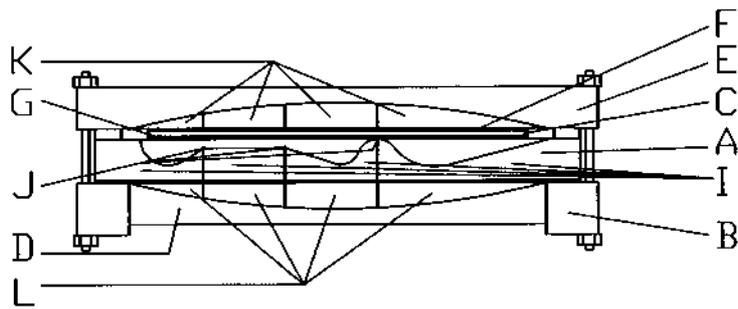


FIG 6

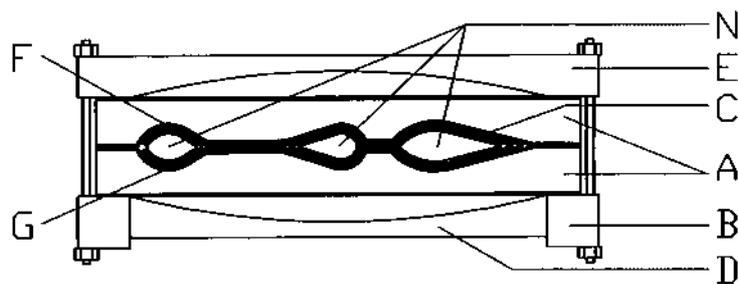


FIG 7

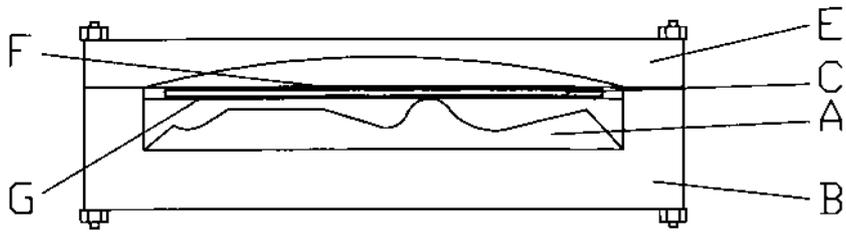


FIG 8

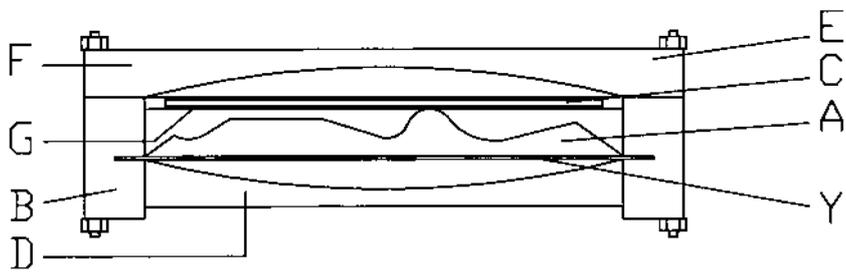


FIG 9

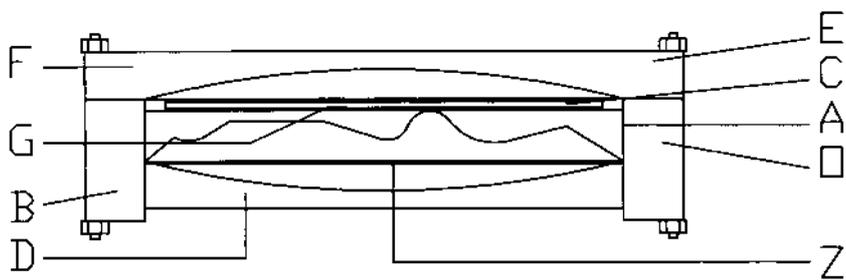


FIG 10