

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 837**

51 Int. Cl.:

B29C 70/46	(2006.01)
B29C 70/54	(2006.01)
B29K 105/08	(2006.01)
B29C 70/34	(2006.01)
B29C 70/44	(2006.01)
B29L 31/30	(2006.01)
B29K 307/04	(2006.01)
C08J 5/24	(2006.01)
B29K 101/10	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.02.2013 PCT/IB2013/051115**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.09.2013 WO13128312**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2013 E 13713526 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2819835**

54 Título: **Proceso de fabricación de artículos en fibra de carbono**

30 Prioridad:

28.02.2012 IT MI20120307

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.03.2020

73 Titular/es:

**AUTOMOBILI LAMBORGHINI S.P.A. (100.0%)
Via Modena, 12
40019 Sant'Agata Bolognese, IT**

72 Inventor/es:

MASINI, ATTILIO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 748 837 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

Proceso de fabricación de artículos en fibra de carbono

5 La presente invención se refiere al campo de la fabricación de artículos en materiales compuestos. Más particularmente, la invención se refiere a un proceso de moldeo por compresión de calor para la fabricación de artículos en materiales compuestos que comprenden fibras de carbono y un artículo fabricado con este proceso.

10 Los procesos conocidos para la fabricación de artículos en materiales compuestos utilizan la tecnología de moldeo por compresión de calor, en la que cantidades medidas de materiales que comprenden una matriz termoendurecible reforzada con fibras de materiales rígidos se insertan en moldes hechos de acero o aluminio adecuados para conferir una forma predeterminada al artículo. Esta tecnología, creada para moldear artículos reforzados con fibras de vidrio, pero usada hoy en día cada vez más también para artículos reforzados con fibras de carbono, permite obtener componentes caracterizados por bajo peso y excelentes propiedades mecánicas, así como buenas tolerancias dimensionales.

15 La tecnología de moldeo por compresión de calor es muy adecuada para la fabricación de artículos sustancialmente libres de detalles recortados, obtenibles con moldes compuestos por dos partes superpuestas dentro de las cuales se conforma la forma del artículo en negativo y en dos porciones.

20 En un proceso típico de moldeo por compresión de calor para artículos de material compuesto a base de fibras de carbono, se utilizan productos semiacabados hechos de resinas termoendurecibles y fibras de carbono. Estos productos semiacabados, fabricados en procesos separados del proceso de moldeo por compresión, tienen forma de láminas preimpregnadas conocidas en la industria con el acrónimo en inglés "SMC" (compuesto de moldeo suministrado en lámina, del inglés *Sheet Molding Compound*).

25 Los productos semiacabados SMC generalmente comprenden una pluralidad de láminas preimpregnadas superpuestas para formar un solo bloque. Antes de cargarse en el molde, los productos semiacabados SMC pueden someterse ventajosamente a un tratamiento de calentamiento, por ejemplo, por medio de rayos infrarrojos, lo que facilita su disposición en el molde y permite reducir el tiempo de curado de la resina termoendurecible.

30 Para controlar características tales como la contracción dimensional durante la fase de reticulación en caliente, el acabado superficial, la facilidad de desprendimiento de los moldes y el comportamiento en el fuego, las resinas termoendurecibles suelen estar cargadas con cargas minerales, lubricantes, agentes de desmoldeo, retardantes a las llamas y similares. El carbonato cálcico, el caolín, los estearatos, los óxidos e hidratos de calcio, el magnesio, el aluminio son algunos de los aditivos más utilizados.

35 Gracias a los bajos pesos y las altas características mecánicas, los artículos de materiales compuestos con fibras de carbono hechos con la tecnología de moldeo por compresión de calor a partir de productos semiacabados SMC se han utilizado durante algunos años en la industria automotriz para la producción de componentes estructurales tales como, por ejemplo, soportes para luces, marcos de parabrisas y elementos de soporte de piezas de carrocería.

40 No obstante, estos artículos no se usan generalmente para la fabricación de elementos estéticos de un vehículo, tales como, por ejemplo, partes de la carrocería y detalles del compartimento de pasajeros, debido a su acabado superficial más bien grueso. En particular, un artículo de material compuesto hecho a partir de productos semiacabados SMC tiene defectos superficiales tales como, por ejemplo, porosidad y ondulaciones que incluso son visibles a simple vista y que, por lo tanto, a pesar de las excelentes características mecánicas, lo hacen inadecuado para un uso también o exclusivamente estético.

45 El documento US 4855097 describe un método para fabricar un panel de carrocería exterior de automóvil mediante moldeo por compresión en el que una carga que contiene una resina curable cubre del 40 % al 80 % del área superficial de la superficie de moldeo. De acuerdo con este documento conocido, las coberturas superiores al 80 % no permiten suficiente flujo de carga necesaria para proporcionar un movimiento ligero de la misma.

50 El objeto de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un proceso para la fabricación de artículos en materiales compuestos que comprenden fibras de carbono, el cual está libre de dichos inconvenientes. Dicho objeto se logra con un proceso cuyas características principales se especifican en la reivindicación 1, mientras que otras características aparecen especificadas en las reivindicaciones restantes.

55 Una idea de solución subyacente a la presente invención es minimizar el deslizamiento del material de los productos semiacabados SMC para minimizar la formación de defectos superficiales. Los inventores han descubierto que la presencia de defectos superficiales tales como porosidad y ondulaciones se ve fuertemente influida por el flujo del material compuesto cargado en el molde, lo que determina diferentes orientaciones de las fibras de carbono en diferentes áreas del artículo acabado. En particular, se ha observado que en un artículo de material compuesto a base de fibras de carbono fabricado de acuerdo con procesos de moldeo por compresión de calor conocidos, las porciones superficiales con menos defectos superficiales son aquellas en las que la orientación de la fibra es sustancialmente

idéntica a la del producto semiacabado SMC introducido en el molde.

Para obtener un artículo libre de defectos superficiales, de acuerdo con la invención, la carga del producto semiacabado SMC en el molde se realiza calculando tanto el peso adecuado para permitir el llenado completo de la forma correspondiente a la forma del artículo, como el desarrollo superficial de la forma formada en el molde y asegurándose de que las superficies del producto semiacabado cubran las superficies de la forma en un porcentaje superior al 80 % e inferior o igual al 99 %. Gracias a estas características, es posible minimizar el deslizamiento del material compuesto en el molde y, de este modo, de las fibras de carbono, lo que reduce significativamente la formación de defectos superficiales, en particular, porosidad y ondulaciones. Por consiguiente, los artículos fabricados de acuerdo con el proceso de la invención son adecuados tanto para usos estructurales como estéticos, como por ejemplo para la fabricación de componentes de carrocería para vehículos de motor y/o elementos de cobertura para compartimentos de pasajeros, cuyas particularidades no se podían lograr hasta ahora con los conocidos procesos de moldeo por compresión de calor de artículos SMC.

De acuerdo con una realización preferente, el proceso de la invención comprende una etapa de añadir al menos una capa de un tejido preimpregnado con fibras de carbono unidireccionales, en cuya etapa dicha al menos una capa se pone en contacto con una o ambas superficies del producto semiacabado SMC que están destinadas a entrar en contacto con las superficies de la forma del artículo formado en el molde.

Para facilitar la evacuación de aire y cualquier otra sustancia volátil atrapada entre el producto semiacabado SMC y una o más capas de tejido preimpregnado superpuesto en esta, es ventajoso producir cortes en las fibras unidireccionales. Esto hace posible evitar la formación de burbujas y, de este modo, mejorar aún más el acabado superficial del artículo.

Para no debilitar la capa de tejido preimpregnado de fibras unidireccionales, los cortes están preferentemente inclinados con respecto a la dirección de la fibra y desalineados entre sí en la misma dirección. Asimismo, los cortes tienen una longitud predeterminada y una distancia relativa.

Como alternativa a la capa de tejido preimpregnado de fibras de carbono unidireccionales, es posible utilizar una lámina de tejido sin tejer hecha de fibra de carbono, fibra de vidrio o material acrílico que, como en el caso anterior, se puede poner en contacto con una o ambas superficies del producto semiacabado SMC destinado a entrar en contacto con las superficies de la forma formada en el molde.

El uso de una o más capas de tejido preimpregnado de fibras unidireccionales o de una o más láminas de un tejido de carbono sin tejer es ventajoso, ya que permite mejorar aún más el acabado superficial, obteniéndose de ese modo un producto esencialmente libre de defectos superficiales. De hecho, dichas capas o láminas tienen características de acabado superficial incluso más altas que las de los productos semiacabados SMC.

También es posible proporcionar el uso combinado de al menos una capa de un tejido preimpregnado de fibras de carbono unidireccionales y al menos una lámina de tejido de carbono sin tejer.

Otra ventaja ofrecida por la invención es que el proceso de moldeo por compresión de calor no implica mayores costes en comparación con un proceso de moldeo por compresión de calor del tipo tradicional.

Las ventajas y características adicionales del proceso para fabricar material compuesto que comprende fibras de carbono de acuerdo con la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de una realización del mismo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- las figuras 1 a 3 muestran esquemáticamente las etapas principales de un proceso de moldeo por compresión de calor de un artículo hecho de material compuesto de acuerdo con la invención; y
- la figura 4 es un diagrama que muestra el progreso en el tiempo de la presión durante el proceso de moldeo de acuerdo con la invención.

Las figuras 1 a 3 muestran esquemáticamente las etapas principales de un proceso de moldeo por compresión de calor de un artículo hecho de material compuesto de acuerdo con la invención.

Un producto semiacabado SMC 10 que comprende una o más láminas de material compuesto que comprende una matriz de resina termoendurecible y fibras de carbono se inserta en un molde 20 en el que la forma de un artículo 30 que se va a fabricar se forma en negativo. Como se sabe, la forma del artículo se divide en dos porciones a lo largo de un plano de apertura P del molde para permitir la inserción del producto semiacabado SMC y la extracción del artículo acabado. Las superficies que forman la forma en negativo del artículo 30 se indican con los números de referencia 31, 32, y se forman en una primera porción 21 y una segunda porción 22, respectivamente, del molde 20.

La resina termoendurecible utilizada en el producto semiacabado SMC se selecciona preferentemente del grupo que comprende viniléster, fenólico, epoxi, poliéster, poliamida, resinas de cianoéster o combinaciones de los mismos.

El carbono utilizado tiene forma de filamentos de longitud comprendida entre 5 y 200 mm, preferentemente igual a 1 pulgada (25,4 mm). Cada filamento de carbono está compuesto por un número de fibras de carbono comprendido entre 3000 y 24000 fibras, preferentemente igual a aproximadamente 12000 fibras. La cantidad de fibras de carbono varía del 25 % al 75 % en peso de la resina termoendurecible, y es preferentemente igual al 50 % en peso.

Para obtener un artículo, el molde 20 se precalienta a una temperatura adecuada para permitir la reticulación de la resina termoendurecible que constituye la matriz del producto semiacabado SMC. En el caso de las resinas termoendurecibles mencionadas anteriormente, esta temperatura está comprendida, por ejemplo, entre 120 y 150 °C, y preferentemente es igual a 130 °C.

La cantidad de producto semiacabado SMC introducido en el molde se calcula pesando en función del volumen del artículo que se va a fabricar.

De acuerdo con la presente invención, además del cálculo del peso del producto semiacabado SMC, las dimensiones de las superficies del producto semiacabado SMC destinado a entrar en contacto con las superficies 31, 32 de la forma formada en el molde 20 se calculan para cubrir estas superficies en un porcentaje superior al 80 % e inferior o igual al 99 %. Gracias a estas características, el deslizamiento del material durante la fase de cierre del molde y las etapas posteriores de compresión es extremadamente limitado, lo que permite mantener sustancialmente inalterada la disposición isotrópica de las fibras del producto semiacabado SMC. El artículo 30 resultante del proceso de moldeo de acuerdo con la invención, por lo tanto, se caracterizará por un acabado superficial sustancialmente libre de defectos.

En el cálculo de la superficie de cobertura, se considera todo el desarrollo de las superficies 31, 32 de la forma, incluyendo porciones planas, protuberancias y depresiones, no el área frontal resultante, por ejemplo, en el plano de apertura P del molde. Sin embargo, se ha verificado experimentalmente que en el cálculo de la superficie de cobertura es posible ignorar los detalles que tienen un espesor delgado, como las nervaduras.

Se entenderá que durante el proceso de moldeo habrá un mayor deslizamiento del material para porcentajes de cobertura más bajos, es decir, cerca del 80 %, y un deslizamiento sustancialmente cero para los porcentajes más altos de cobertura, es decir, cerca del 99 %. Mediante pruebas experimentales se ha verificado que los porcentajes más bajos de cobertura son más adecuados para artículos con espesores del orden de 2 mm, donde el deslizamiento del material es en cualquier caso muy limitado, mientras que los porcentajes más altos de cobertura son más adecuados para artículos con espesores del orden de 4 mm, donde en cambio hay un mayor deslizamiento del material durante el proceso de moldeo.

De acuerdo con una realización preferente de la invención, el proceso puede incluir una etapa de añadir una o más capas de un tejido preimpregnado de fibras de carbono unidireccionales, dispuesto en contacto con una o ambas superficies del producto semifabricado SMC 10 destinado a entrar en contacto con las superficies 31, 32 de la forma, destinado de este modo a formar las superficies externas del artículo.

El material preimpregnado que se utiliza puede comprender, por ejemplo, una matriz de resina termoendurecible, por ejemplo epoxi, en la que se sumerge una pluralidad de fibras de carbono dispuestas en paralelo. El uso de una o más capas adicionales que comprenden fibras de carbono unidireccionales permite mejorar aún más el acabado superficial, obteniéndose de ese modo un producto esencialmente libre de defectos superficiales.

La superposición de una o más capas de tejido preimpregnado con fibras de carbono unidireccionales también permite ventajosamente mejorar las características mecánicas del artículo, por ejemplo, poder elegir una orientación de fibra de acuerdo con la dirección de las cargas que serán sometidas a esfuerzo en operación. Esta característica es muy importante en la fabricación de artículos destinados a un uso tanto estético como estructural.

El material utilizado en esta etapa puede ser, por ejemplo, un tejido preimpregnado de fibras unidireccionales con un contenido de carbono comprendido entre 20 y 140 g/m², preferentemente igual a aproximadamente 40 g/m².

Para facilitar la evacuación de aire y otras sustancias volátiles atrapadas entre las capas, para evitar la formación de burbujas y mejorar aún más el acabado superficial, es ventajoso hacer cortes en las fibras unidireccionales.

Los cortes están preferentemente inclinados con respecto a la dirección de la fibra y dispuestos de manera que los cortes consecutivos en dicha dirección estén parcialmente desalineados entre sí, en concreto, involucrando solo en parte las mismas fibras.

En particular, el ángulo de inclinación de los cortes en comparación con las fibras está entre 30° y 60°, por ejemplo 45°, y los cortes consecutivos en la dirección de las fibras de carbono tienen en común como máximo el 50 % de las fibras. Estas características permiten la eliminación del aire y otras sustancias volátiles sin debilitar la capa de tejido preimpregnado de fibras unidireccionales.

Es más, siempre con el objetivo de permitir la retirada de aire y otras sustancias volátiles sin debilitar la capa de tejido preimpregnado de fibras unidireccionales, los cortes tienen una longitud comprendida entre 1 y 20 mm, por ejemplo

ES 2 748 837 T3

5 mm, y están espaciados entre sí por un intervalo de entre 5 y 100 mm, por ejemplo 50 mm.

5 Como alternativa al tejido preimpregnado de fibras de carbono unidireccionales, es posible utilizar una o más láminas de carbono sin tejer, fibra de vidrio o tela acrílica, que, como en el caso anterior, se puede poner en contacto con una o ambas superficies del producto semiacabado SMC destinado a entrar en contacto con las formas frontal y trasera. El material utilizado puede tener un contenido de carbono comprendido entre 40 y 200 g/m², preferentemente igual a aproximadamente 100 g/m².

10 Las figuras 1 a 3 muestran, por ejemplo, una sola capa 40 de un tejido preimpregnado dispuesto en la superficie del producto semiacabado SMC destinado a entrar en contacto con la superficie 31 de la forma formada en el molde 20.

15 También es posible proporcionar el uso combinado de al menos una capa de un tejido de fibras de carbono unidireccionales preimpregnado y al menos una lámina de tejido de carbono sin tejer, fibra de vidrio o material acrílico, en una o ambas superficies del producto semiacabado SMC destinado a entrar en contacto con las formas frontal y trasera. En este caso, gracias a las características estéticas mejoradas, las capas de tejido sin tejer están dispuestas preferentemente en contacto con las superficies 31, 32 de la forma y, por lo tanto, están destinadas a constituir las superficies exteriores del artículo.

20 La carga del producto SMC semiacabado 10 en el molde 20 se lleva a cabo a presión atmosférica y requiere un tiempo comprendido entre 10 y 60 segundos. El molde 20, precalentado a una temperatura entre 120 y 150 °C, se cierra luego iniciando un ciclo de compresión en un autoclave de acuerdo con una ley predeterminada de presión de tiempo.

25 Con referencia al diagrama de la figura 4, la presión aumenta, por ejemplo de acuerdo con una ley lineal, a un valor comprendido entre 15 y 25 bar, preferentemente igual a aproximadamente 18 bar, en un tiempo igual a aproximadamente 30 segundos. Esta condición de presión se mantiene durante un tiempo comprendido entre aproximadamente 10 y 20 segundos, por ejemplo 15 segundos, después de lo cual la presión aumenta rápidamente a valores entre 70 y 90 bar, por ejemplo 80 bar. También en este caso, el aumento de la presión puede seguir una ley lineal.

30 El artículo se mantiene entonces en estas condiciones de presión y temperatura durante unos 300 segundos, después de lo cual la presión se reduce a valores ambientales, se abre el molde 20 y se extrae el artículo 30, se enfría en formas especiales adecuadas para impedir la deformación y finalmente se somete a trabajos de acabado tales como, por ejemplo, la retirada de las rebabas de moldeo.

35 Siempre con el objeto de minimizar los desplazamientos de las fibras de carbono y, más generalmente, los flujos de material dentro del molde, en la fabricación de piezas fuertemente asimétricas con el mismo porcentaje de cobertura, es posible proporcionar una etapa de conformación del producto semiacabado SMC de acuerdo con la forma del plano del artículo que se va a fabricar.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de moldeo por compresión de calor para la fabricación de artículos de material compuesto, comprendiendo dicho proceso las etapas de:

- 5 i) Proporcionar un molde (20) en el que se forma la forma negativa (31, 32) de un artículo (30) que se va a fabricar;
- ii) Insertar en dicho molde (20) un producto semiacabado SMC (10) que comprende una o más láminas de material compuesto que comprende una matriz de una resina termoendurecible y fibras de carbono, precalentándose el molde a una temperatura adecuada para permitir el curado de dicha resina termoendurecible;
- 10 iii) Cerrar el molde (20) y llevar a cabo un ciclo de compresión en un autoclave de acuerdo con una ley de presión de tiempo predefinida; y
- iv) Extraer el artículo (30),

en donde la cantidad de producto semiacabado SMC (10) insertado en el molde (20) se calcula pesando en función del volumen del artículo (30) que se va a fabricar, y en donde el tamaño de las superficies del producto semiacabado SMC (10) destinado a entrar en contacto con las superficies de la forma (31, 32) se calculan para cubrir dichas superficies en un porcentaje superior al 80 % y menor o igual al 99 % del desarrollo total de las superficies de la forma (31, 32).

2. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la resina termoendurecible que forma el producto semiacabado SMC se elige preferentemente del grupo que comprende viniléster, fenólico, epoxi, poliéster, poliamida, resinas de cianoéster o combinaciones de los mismos.

3. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el carbono utilizado se presenta en forma de filamentos que tienen una longitud comprendida entre 5 y 200 mm, estando hecho cada filamento de un número de fibras de carbono comprendido entre 3000 y 24000.

4. Un procedimiento de moldeo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la cantidad de fibras de carbono varía del 25 % al 75 % en peso de la resina termoendurecible.

5. Un procedimiento de moldeo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que comprende además una etapa de añadir una o más capas (40) de un tejido preimpregnado con fibras de carbono unidireccionales y/o una o más láminas de un tejido sin tejer de carbono, poniéndose dichas capas y/o láminas en contacto con una o ambas superficies del producto semiacabado SMC (10) destinado a entrar en contacto con las superficies (31, 32) de la forma formada en el molde (20).

6. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que dicho tejido preimpregnado comprende una matriz de resina termoendurecible en la que se sumerge una pluralidad de fibras de carbono dispuestas en paralelo entre sí.

7. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que el tejido preimpregnado tiene un contenido de carbono comprendido entre 20 y 140 g/m².

8. Un procedimiento de moldeo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que dicho tejido sin tejer tiene un contenido de carbono comprendido entre 40 y 200 g/m².

9. Un procedimiento de moldeo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que comprende además una etapa de cortar dichas una o más capas de tejido preimpregnado con fibras de carbono unidireccionales.

10. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que dichos cortes están inclinados con respecto a la dirección de las fibras de carbono en un ángulo comprendido entre 30° y 60° y por que los cortes posteriores a lo largo de la dirección de las fibras de carbono están parcialmente desalineados y dispuestos para compartir un máximo del 50 % de las fibras.

11. Un proceso de moldeo de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que los cortes tienen una longitud comprendida entre 1 y 20 mm y su distancia relativa está comprendida entre 5 y 100 mm.

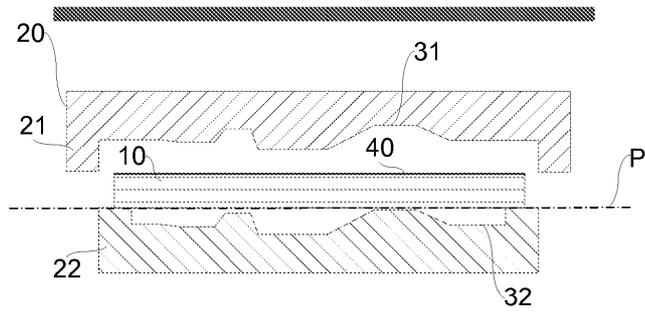


Fig.1

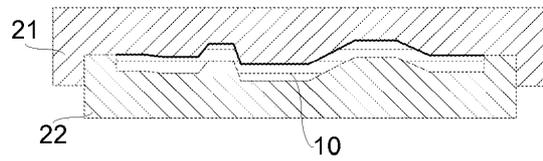


Fig.2

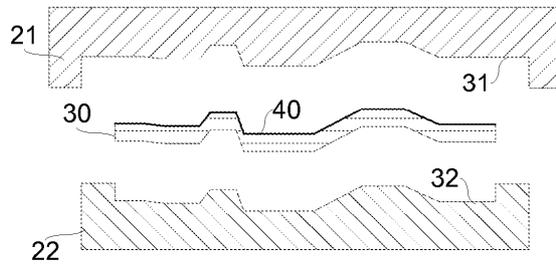


Fig.3

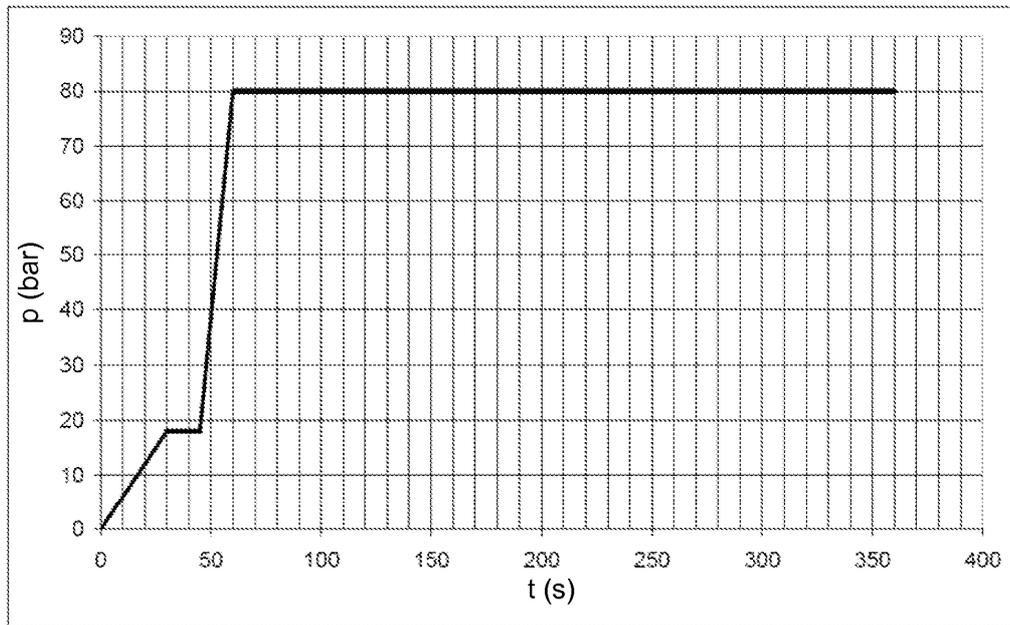


Fig.4