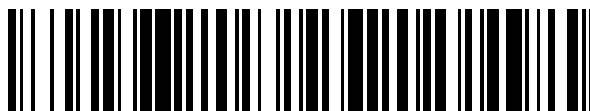


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 452**

51 Int. Cl.:

B29C 44/00 (2006.01)

B29C 44/34 (2006.01)

B29C 44/58 (2006.01)

B29D 11/00 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2009 E 09720159 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2250008**

54 Título: **Método de fabricación de un miembro estructural hueco, sustrato para la producción del miembro estructural hueco y aparato para la fabricación del miembro estructural hueco**

30 Prioridad:

10.03.2008 JP 2008059170

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

22.04.2016

73 Titular/es:

**RICOH COMPANY, LTD. (100.0%)
3-6, Nakamagome 1-chome Ohta-ku
Tokyo 143-8555, JP**

72 Inventor/es:

**KANEMATSU, TOSHIHIRO y
SENO, SHIN-YA**

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 567 452 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de un miembro estructural hueco, sustrato para la producción del miembro estructural hueco y aparato para la fabricación del miembro estructural hueco

5

Campo técnico

La invención se refiere a un método de fabricación de un miembro estructural hueco de estructura de panal, y similares, a un sustrato para la producción del miembro estructural hueco y a un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco. La invención es aplicable a la fabricación de un elemento acampanado de un elemento óptico que tiene anisotropía, un separador para una célula de combustible, un filtro y similares. Por inyección de materiales funcionales en los huecos de un miembro estructural hueco, la invención también es aplicable a un miembro funcional anisotrópico, por ejemplo una serie de microlentes acampanadas, una película conductora anisotrópica y un sustrato para cultivo celular para su uso en medicina regenerativa.

10

15

Técnica anterior

Como se muestra en la Figura 1, convencionalmente se conoce un método de fabricación de un miembro estructural hueco en el que: se proporciona un aparato de control de temperatura 23 dentro de un recipiente sellado herméticamente 22 sobre una parte superior de un aparato de recubrimiento de material 21; un sustrato 24 para la producción de un miembro estructural hueco en el que una multiplicidad de rebajes 24a dispuestos en serie sobre su superficie se ajustan en su posición sobre el aparato de control de temperatura 23; un material de deformación plástica para formar con el mismo un miembro estructural hueco como una estructura de panal, que se hace que se eyecte desde un aparato de eyección de material 25 hacia la superficie del sustrato 24 para la producción de un miembro estructural hueco; el aparato de recubrimiento de material 21 se hace girar para formar de esta manera, sobre la superficie del sustrato 24, para la producción de un miembro estructural hueco, una película de deformación plástica 26 sustancialmente uniforme; la presión de gas dentro del recipiente sellado herméticamente 22 se reduce; y, por tanto, se hace que la película de deformación plástica 26 se expanda y se estire por la presión del gas almacenado en cada uno de los rebajes, para fabricar así un miembro estructural hueco que tiene una multiplicidad de huecos (véase, por ejemplo el documento de patente 1).

20

25

30

El término estructura de panal significa en la invención no solo una que tenga orificios con forma hexagonal sino que incluye también aquellas que tienen orificios cuadrados y pentagonales y se refiere, independientemente de la forma, a miembros de tipo lámina como un conjunto que tiene una pluralidad de huecos.

35

(Documento de patente 1) JP-A-2007-98930 (página 15, Figura 7, Figura 8)

(Problema)

40

En la técnica anterior divulgada en el Documento de Patente 1, se obtuvo un miembro estructural hueco en el que la distancia de paso entre el centro de un hueco al centro de otro hueco es de 35 μm . En el caso de que la distancia de paso entre el centro de un hueco al centro de otro hueco sea de 30 μm o menor, es difícil fabricar un miembro estructural hueco con este método de fabricación. Las razones se explican a continuación.

45

Si el punto en el tiempo en el que se formó la película de deformación plástica 26 sobre la superficie del sustrato 24 para la producción de un miembro estructural hueco es $t = t_0$ (véase la Figura 2). Después de un lapso de tiempo $t = t_1$, desaparecerá el espacio de almacenamiento de gas que está definido por el rebaje 24a y que tiene la presión de gas P_1 (véase la Figura 3). Como resultado, el gas no puede expandirse más puesto que la presión de gas P_0 está por debajo de las condiciones de presión reducida.

50

De acuerdo con la ecuación de Yung-Laplace, la presión de una burbuja generalmente es proporcional a la tensión superficial de la sustancia que encierra la burbuja y es inversamente proporcional al radio de la burbuja. Por ejemplo, en el caso de una burbuja en el agua, cuando el diámetro es de 100 μm , la diferencia de presión entre la presión de la burbuja y la presión externa es de aproximadamente 3 kPa. En este caso, si el diámetro se hace menor de 10 μm , la diferencia de presión entre la presión de la burbuja y la presión externa será de aproximadamente 30 kPa. Si la presión de la burbuja se hace mayor, la solubilidad del gas en el agua aumenta, lo que da como resultado que el gas se funda en el agua. Entonces el tamaño de la burbuja se hace más pequeño y, como resultado, la presión se hace aún más grande y el gas se disolverá en el agua. Cuanto menor se hace el tamaño de la burbuja, mayor resulta la aceleración de la velocidad, dando como resultado finalmente la desaparición de la burbuja.

60

Se considera que la misma clase de fenómeno está teniendo lugar con la película de deformación plástica 26. En este caso, si la distancia de paso se hace menor, la presión en el espacio de almacenamiento de gas aumenta debido a la tensión superficial de la película de deformación plástica. En el caso de que el gas dentro del espacio de almacenamiento de gas sea un material plástico que forma la película de deformación plástica 26, o en el caso de que el sustrato 24 para la producción de un miembro estructural hueco sea un material permeable a gas, se disolverá en el material permeable a gas y el gas se descargará a la atmósfera a una baja presión P_0 . Finalmente, el

65

espacio de almacenamiento de gas se llenará completamente con el material de deformación plástica después de un lapso de tiempo.

5 Como resultado, hay una desventaja de que el miembro estructural hueco que tiene una distancia de paso de los huecos de 30 μm o menor no puede formarse de forma precisa.

Divulgación de la invención

10 Un objeto de la invención es proporcionar un método de fabricación de un miembro estructural hueco que es adecuado para la fabricación precisa de un miembro estructural hueco con la distancia de paso de los huecos de 30 μm o menor de acuerdo con la reivindicación 1, un sustrato para la producción de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 7, y un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 9.

15 El método de fabricación de un miembro estructural hueco se describe en la reivindicación 1.

El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 2 tiene una característica de que el gas a alta presión se inyecta dentro del material permeable a gas desde un lugar distinto de la superficie.

20 El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 3 tiene una característica de que la diferencia de presión ΔP entre la presión de gas del gas a alta presión y la presión de gas en condiciones de presión reducida satisface la siguiente expresión condicional:

$$(2 \times \sigma/r) \cdot \Delta P < 2 \times \sigma_b \cdot L/r$$

25 donde σ es una tensión superficial del material de deformación plástica, r es un radio medio de cada uno de los rebajes, σ_b es una resistencia a la tensión del material deformable plástico y L es la distancia entre los rebajes.

30 El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 4 tiene una característica de que se inyecta gas a alta presión en el material permeable a gas desde un lado de la superficie trasera que es opuesto a la superficie descrita anteriormente.

35 El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 5 tiene una característica de que el material permeable a gas consiste esencialmente en un material altamente polimérico.

El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 6 tiene una característica de que el material altamente polimérico es dimetilpolisiloxano.

40 En la reivindicación 7 se describe un sustrato para la producción de un miembro estructural hueco.

Un sustrato para la producción de un miembro estructural hueco usando un sustrato de acuerdo con la reivindicación 8 tiene una característica de que el material permeable a gas se proporciona con un miembro de soporte en una superficie opuesta a la superficie en la que se proporciona el material inorgánico, estando formado el miembro de soporte de un material que tiene mayor rigidez que el material permeable a gas, teniendo el miembro de soporte un orificio de paso comunicado con el material permeable a gas.

50 Un aparato para fabricar un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 9 tiene una característica de que comprende: un recipiente sellado herméticamente definido, con el sustrato para la producción de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 8, que sirve como un borde, en un espacio superior que está orientado hacia cada uno de los rebajes, y un espacio inferior que está orientado hacia el miembro de soporte; una bomba que está en comunicación con el espacio superior y que presuriza y despresuriza el gas en el espacio superior; una válvula de descarga que está en comunicación con el espacio superior y que descarga el gas en el espacio superior; una bomba que está en comunicación con el espacio inferior y que presuriza la presión de gas en el espacio inferior; y una válvula de descarga que está en comunicación con el espacio inferior y que descarga el gas en el espacio inferior.

60 Un método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 10 comprende controlar la presión en el recipiente sellado herméticamente en el momento de la expansión y estirado del material de deformación plástica. Por lo tanto, las dimensiones del miembro estructural hueco pueden controlarse.

Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es una vista general que muestra un ejemplo de un aparato convencional para la fabricación de un miembro estructural hueco;

La Figura 2 es una vista en sección parcial que muestra un estado en el que una película de deformación plástica se ha formado sobre una superficie de un sustrato para la producción de un miembro estructural hueco;

La Figura 3 es una vista en sección parcial que muestra un estado en el que las burbujas de aire en cada uno de los rebajes mostrados en la Figura 2 desaparecen;

La Figura 4 es una vista en sección que muestra un ejemplo de un miembro estructural hueco que se va a fabricar mediante un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 1;

5 La Figura 5 es un diagrama explicativo que muestra un esbozo de un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco;

La Figura 6 es un diagrama explicativo que muestra un estado en el que se forma una película de deformación sobre un sustrato para la producción de un miembro estructural hueco de un aparato para fabricar un miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 1;

10 La Figura 7 es una vista ampliada parcial que muestra el proceso de espumación del sustrato para la producción del miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 1;

La Figura 8 es una vista ampliada parcial que muestra un estado en el cual la película de deformación plástica se expande y estira;

La Figura 9 es un diagrama explicativo que explica la ecuación de Yung-Laplace;

15 La Figura 10 es un diagrama explicativo que explica la relación entre la tensión de tracción y la resistencia a la tracción;

La Figura 11 es una vista en sección del sustrato para la producción del miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 2;

20 La Figura 12A es una vista en planta, mostrada parcialmente en sección, del sustrato para la producción del miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 3 y la Figura 12B es una vista en sección del mismo;

La Figura 13 es una vista en sección que muestra un esbozo del aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 3, y muestra el estado antes de formar la película de deformación plástica;

25 La Figura 14 es una vista en sección que muestra un esbozo del aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 3, y que muestra el estado en el que la película de deformación plástica se ha expandido y estirado; y

La Figura 15 es una imagen mediante microscopio electrónico que muestra un ejemplo de un miembro estructural hueco obtenido por el método de fabricación relacionado con el Ejemplo 3.

30 **Mejor modo para llevar a cabo la invención**

Las realizaciones preferidas del método de fabricación de un miembro estructural hueco, el sustrato para la producción de un miembro estructural hueco y un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco relacionados con la invención, se explican con referencia a los dibujos adjuntos.

35 (Realización)

(Construcción de un miembro estructural hueco 1)

40 La Figura 4 muestra un miembro estructural de panal como un miembro estructural hueco 1 que se va a fabricar por el método de fabricación de un miembro estructural hueco relacionado con la invención. Este miembro estructural hueco 1, en este caso, tiene una distancia de paso m de $10\ \mu\text{m}$ entre una parte hueca 1a y una parte hueca anexa 1a, una altura h de $15\ \mu\text{m}$, y un radio medio r de aproximadamente $5\ \mu\text{m}$ como promedio, un espesor de $2\ \mu\text{m}$ de una pared de división x , y una longitud y anchura de $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm}$ de una región de formación de rebaje. Como un material de deformación plástica para formar la película de deformación plástica, se usa una solución acuosa de gelatina diluida al 30 %. El método de fabricación relacionado con la invención es aplicable a la fabricación de un miembro estructural hueco que tiene un paso m de $1 - 100\ \mu\text{m}$ y una altura h de $1 - 300\ \mu\text{m}$.

50 **Ejemplo 1**

La Figura 5 es una vista esquemática que muestra un ejemplo de un aparato para fabricar un miembro estructural hueco. En la Figura 5, el número de referencia 3 denota un aparato de recubrimiento de material. En una parte superior del aparato de recubrimiento de material 3 se proporciona un recipiente sellado herméticamente 4. Dentro de este recipiente sellado herméticamente 4 se dispone un sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco. En una parte superior del recipiente sellado herméticamente 4 se proporciona un aparato de eyección de material 6 que eyecta el material de deformación plástica. A este recipiente sellado herméticamente 4 están conectadas una bomba de presurización-despresurización 7 y una válvula de descarga 8. Entre la bomba de presurización-despresurización 7 y la válvula de descarga 8 está dispuesta una válvula de regulación de presión 9.

60 El sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco tiene, en un lado de la superficie delantera 5a, cada uno de los rebajes 5b que almacenan en su interior un gas para formar las partes huecas 1a. En este caso, se usa un material permeable a gas como el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco. El material permeable a gas está constituido por un material altamente polimérico tal como caucho de silicona (polidimetilsiloxano (PDS)), y similares, que tiene una elevada repelencia de agua. El coeficiente de permeabilidad al gas es por ejemplo $3 \times 10^{-11}\ (\text{cm}^3 \cdot \text{cm} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}))$. El tiempo de permeación del gas es de aproximadamente 1,2 s cuando se calcula basándose en una diferencia de presión de 0,4 MPa, un espesor de 0,1 cm, un área de $1\ \text{cm}^2$, y

una cantidad de permeación de gas de $0,0015 \text{ cm}^3$. Dependiendo de las circunstancias, puede usarse como el material permeable a gas, un material termoplástico tal como poliestireno (PS), policarbonato (PC) y similares.

5 Como el material permeable a gas, es posible usar un material inorgánico que tiene cavidades en su interior. Sin embargo, puesto que la fluctuación del coeficiente de permeabilidad al gas es grande, es preferible usar materiales altamente poliméricos que tengan una menor fluctuación del coeficiente de permeabilidad al gas en la fabricación de un miembro estructural hueco 1 que una parte conformada con precisión que tiene cavidades minúsculas.

Ahora, se dará una descripción del método de fabricación del miembro estructural hueco 1.

10 En primer lugar, controlando la bomba de presurización-despresurización 7 en la condición de que el valor inicial P_0 de la presión de gas interna en el recipiente sellado herméticamente 4 es de $0,1 \text{ MPa}$, la presión de gas P_1 se ajusta a unas condiciones de alta presión de $0,25 \text{ MPa}$ como se muestra en la Figura 5. La presión de gas P_1 dentro del recipiente sellado herméticamente 4 se mantiene durante aproximadamente 10 minutos en las condiciones de alta presión. Se provoca que la cantidad de gas correspondiente a la presión de gas P_1 penetre en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco, y el gas se encapsula (se contiene o se sella) en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco.

20 Entonces, como se muestra en la Figura 6, el gas dentro del recipiente sellado herméticamente 4 se descarga al exterior mediante la válvula de descarga 8 para devolver de esta manera la presión de gas dentro del recipiente sellado herméticamente 4 al valor inicial P_0 ($P_0 = 0,1 \text{ MPa}$). Un material de deformación plástica se eyecta fuera del aparato de eyección de material 6 y, usando el aparato de recubrimiento de material 3, se forma una película de deformación plástica 10 sobre la superficie 5a. La temperatura de gelificación de una solución acuosa de gelatina como el material de deformación plástica es de $38 \text{ }^\circ\text{C} - 45 \text{ }^\circ\text{C}$. En este ejemplo, la solución acuosa de gelatina a 25 $60 \text{ }^\circ\text{C}$, es decir, una temperatura por encima de la temperatura de gelificación, se eyectó a través del aparato de eyección de material 6 a la superficie 5a del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco. Además, la película de deformación plástica 10 de $10 \text{ }\mu\text{m}$ de espesor se formó mediante un método de recubrimiento por centrifugación. Debe observarse que la formación de la película de deformación plástica 10 no necesariamente tiene que ser por el método de recubrimiento por centrifugación, sino que puede realizarse por un método de recubrimiento por ranuras, un método de recubrimiento con colorante, un método de recubrimiento por cortina, un método de película de jabón y similares.

35 Sustancialmente al mismo tiempo de la formación de la película de deformación plástica 10, el gas que tiene la presión de gas de P_1 encapsulado en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco, como se muestra en la ampliación en la Figura 7, se descarga al espacio de almacenamiento de gas de cada rebaje 5b y, como se muestra en la Figura 8, la película de deformación plástica 10 se expande y estira. Además, puesto que la cantidad de gas encapsulado en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco disminuye con el transcurso del tiempo, la presión de gas de sellado en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco disminuye también, con lo que se forma un miembro estructural hueco 1 que tiene los huecos 1a. Dicho sea de paso, hay una característica física en que, puesto que el líquido en forma de solución acuosa de gelatina se interpone en el espacio entre la superficie 5a que está situada entre un rebaje 5b y un rebaje anexo 5b, y en la película de deformación plástica 10, el gas encapsulado en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco no se liberará de la superficie 5a que está situada en el espacio entre el rebaje 5b y el rebaje anexo 5b.

45 Después, el interior del recipiente sellado herméticamente 4 se ajusta a una atmósfera de baja humedad para secar de esta manera el miembro estructural hueco 1. En el Ejemplo, el secado se realiza durante aproximadamente 5 minutos en condiciones de temperatura interna del recipiente sellado herméticamente 4 de $24 \text{ }^\circ\text{C}$ y una humedad del 45% en peso. Para acelerar el secado del miembro estructural hueco 1, es preferible ajustar el interior del recipiente sellado herméticamente 4 a una temperatura alta y una humedad baja. Usando un medio calefactor de microondas como el medio calefactor (no ilustrado), es posible acelerar adicionalmente la velocidad de secado. Como resultado, la velocidad de secado puede hacerse menor de 20 segundos.

50 A continuación, el miembro estructural hueco 1 se desprende manualmente del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco. Puesto que el caucho de silicona que tiene una repelencia del agua superior se usa como el material permeable a gas en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco, el desprendimiento es fácil.

60 En este caso, de acuerdo con la ecuación de Yung-Laplace, como se muestra en la Figura 9, si la presión en el espacio de almacenamiento de gas en el rebaje 5b es P_1 , la tensión superficial del material de deformación plástica que se forma en la película de deformación plástica 10 es σ , el radio medio de las burbujas (suponiendo que son esféricas) en el espacio de almacenamiento de gas es r y la presión del material de deformación plástica (la misma que la presión interna del recipiente sellado herméticamente 4) es P_0 . Entonces tenemos
$$\Delta P = P_1 - P_0 = 2 \sigma / r$$

65 Cuando el valor $0,073 \text{ (N/m)}$, que es la tensión superficial del agua, se sustituye por σ y el radio de $5 \text{ }\mu\text{m}$ se sustituye por r , entonces ΔP será de aproximadamente $0,03 \text{ MPa}$. Si P_0 es $0,1 \text{ MPa}$, la presión P_0 del gas que se va a

encapsular en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco deber estar por encima de 0,13 MPa.

Entonces, los miembros estructurales huecos 1 se fabricaron en el ensayo usando el aparato de fabricación del miembro estructural hueco, como se muestra de forma análoga en la Figura 5, en diversas condiciones de presión de gas P_1 en el recipiente sellado herméticamente 4 partiendo de 0,13 MPa. Como resultado, las partes huecas 1a del miembro estructural hueco 1 se formaron sin dañar las mismas cuando la presión de gas P_1 está por encima de 0,13 MPa y por debajo de 0,4 MPa. Cuando la presión de gas P_1 estaba por debajo de 0,13 MPa, los huecos eran irregulares o no se formaron en absoluto. Cuando la presión de gas P_1 superaba 0,4 MPa, se encontraron algunos miembros estructurales huecos 1 con huecos parcialmente dañados 1a. Cuando la presión de gas P_1 era de 0,25 MPa, es obtuvieron miembros estructurales huecos 1 cuyos huecos 1a eran de un tamaño uniforme.

Como se muestra en la ampliación en la Figura 10, si la tensión de tracción justo después de la expansión y estirado del material de deformación plástica que forma la película de deformación plástica 10 es σ_a , la diferencia de presión es ΔP , el radio promedio de los rebajes es 5b y la mitad de la distancia en la superficie 5a entre un rebaje 5b y un rebaje anexo 5b (distancia entre rebajes) es L. Entonces tenemos la tensión de tracción

$$\sigma_a = \Delta P \cdot r / 2L$$

Si el diámetro d del rebaje 5b es de 10 μm , y el paso m entre el rebaje 5b y el rebaje anexo 5b es de 10 μm . Entonces tenemos $L = 2,5 \mu\text{m}$. Por ejemplo, si la diferencia de presión ΔP es 0,15 MPa, 0,3 MPa y 0,5 MPa, la tensión de tracción σ_a será σ_a (en el momento de 0,15 MPa) = 75 kPa, σ_a (en el momento de 0,3 MPa) = 150 kPa y σ_a (en el momento de 0,5 MPa) = 250 kPa, respectivamente. La tensión de tracción σ_b de una solución acuosa con una dilución del 30 % que es el material de deformación plástica es de aproximadamente 150 kPa. Es difícil obtener un valor preciso de la resistencia a la tracción σ_b , puesto que esta varía con el tiempo debido a la evaporación de las moléculas de agua que constituyen la solución acuosa de gelatina. Además, cuanto mayor es la concentración de la dilución de la solución acuosa de gelatina, mayor es la resistencia a la tracción σ_b .

Cuando la diferencia de presión ΔP es entre 0,15 Pa y 0,4 MPa, la tensión de tracción σ_a es menor que la resistencia a la tracción σ_b , se considera que el miembro estructural hueco 1 que tiene la parte hueca 1a puede formarse sin daños. Cuando la diferencia de presión ΔP está por encima de 0,4 MPa, la tensión de tracción σ_a es mayor que la resistencia a la tracción σ_b , se considera que el material de deformación plástica se daña y, por lo tanto, que el miembro estructural hueco 1 que tiene la parte hueca 1a no puede formarse.

Por lo tanto, se considera que la diferencia de presión ΔP debe caer dentro de un intervalo expresado por $(2L \sigma_a / r) < (2L \sigma_b / r)$

En resumen, el método de fabricación del miembro estructural hueco 1 de este Ejemplo 1 generalmente consta de las etapas de: inyección de gas presurizado en el sustrato 5 para la producción de miembro estructural hueco; formación de la película de deformación plástica por recubrimiento de la superficie 5a del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco con el material de deformación plástica; espumación sustancialmente en el mismo momento de la formación de la película de deformación plástica 10; secado; y desprendido.

Ejemplo 2

En este Ejemplo 2, el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco se constituye, como se muestra en la Figura 11 y de acuerdo con la invención, mediante un material inorgánico 5c y un material permeable a gas 5d. El material inorgánico 5c tiene: una superficie 5e en la que la película de deformación plástica 10 se forma usando el material de deformación plástica; y orificios pasantes 5g que están abiertos hacia la superficie 5e y hacia una superficie trasera 5f en el lado opuesto y que constituyen rebajes receptores 5b para almacenar en su interior un gas que se usa para formar una pluralidad de huecos 1a por expansión y estirado de la película de deformación plástica 10 mediante la descarga del gas. Como este material inorgánico 5c se usa una chapa de cobre (metálica) en este Ejemplo. El material permeable a gas (caucho de silicona en este Ejemplo) 5d está dispuesto en el lado de la superficie trasera 5f del material inorgánico 5c.

Este sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco se forma por recubrimiento de la chapa de cobre con silicona sin curar, y posteriormente curando la silicona sin curar. Posteriormente, la chapa de cobre se forma con un patrón de un orificio pasante hexagonal 5g que corresponde a cada uno de los rebajes 5b y después se procesa por grabado, para formar de esta manera un orificio pasante 5g. De acuerdo con el procesamiento anterior, los rebajes 5b del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco pueden formarse fácilmente.

En el caso de que se forme una multiplicidad de proyecciones y rebajes en el caucho de silicona, es necesario transferirlos usando un molde que tenga proyecciones y rebajes. Cuando hay partes sobresalientes y similares en cada uno de los rebajes del contorno del molde, y la compatibilidad entre el caucho de silicona y el material del molde es grande, hay peligro de que el caucho de silicona se dañe en el momento de desprender el caucho de silicona del molde, dando como resultado así una mala transferencia. En este Ejemplo 2 puede evitarse dicho peligro.

Además, en el caso de que se realice un tratamiento superficial sobre la superficie 5a y los rebajes 5b del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco, el caucho de silicona que tiene una interfaz químicamente estable ofrece una dificultad en el tratamiento superficial. El material inorgánico 5c, por otro lado, es fácil de tratar superficialmente. Particularmente, si la fuerza adhesiva del material de deformación plástica a la superficie 5a del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco es insuficiente, particularmente en el momento de la expansión y estirado del material de deformación plástica, hay posibilidad de que el material de deformación plástica se desprenda de la superficie 5a durante la expansión y estirado. Por otro lado, si la fuerza adhesiva de la superficie 5a del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco es demasiado grande, hay posibilidad de que el miembro estructural hueco 1 se dañe en el momento del desprendido del miembro estructural hueco 1 del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco. Es difícil ajustar la fuerza adhesiva con el caucho de silicona en solitario. Sin embargo, haciendo que el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco en una constitución compuesta de material inorgánico 5c y el material permeable a gas 5d, el ajuste de la fuerza adhesiva puede simplificarse.

15 **Ejemplo 3**

En el método de fabricación del miembro estructural hueco relacionado con el Ejemplo 1, se realizan los procesos de fabricación del miembro estructural hueco en los que: el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco 1 se ajusta en su posición dentro del recipiente sellado herméticamente 4; se hace que el gas a alta presión penetre en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco en condiciones de gas a alta presión dentro del recipiente sellado herméticamente 4; posteriormente, el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco se recubre sobre su superficie con el material de deformación plástica, y se somete a espumación; y el material de deformación plástica se expande y estira. Por lo tanto, se requiere algún tiempo para reducir la presión dentro del recipiente sellado herméticamente 4 y la presión del gas inyectado en el sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco se reducirá.

En el Ejemplo 3, se proporciona un sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco en el que puede evitarse que el gas inyectado en el interior del sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco se reduzca y en el que la eficacia de fabricación del miembro estructural hueco puede mejorarse.

El sustrato 5 para la producción del miembro estructural hueco está constituido, como se muestra en las Figuras 12A y 12B, por un material inorgánico 5c, un material permeable a gas 5d, y un miembro de soporte 5h. Puesto que la constitución del material inorgánico 5c y el material permeable a gas 5d es la misma que la del Ejemplo 2, se omitirá la descripción detallada de los mismos. El material de soporte 5h está dispuesto sobre una superficie en el lado del material permeable a gas 5d que es opuesto al material inorgánico 5c. El miembro de soporte 5h se forma de un material que tiene una rigidez mayor que el material permeable a gas 5d y tiene orificios pasantes 5j que están en comunicación con el material permeable a gas 5d. Los orificios pasantes 5j tienen un papel de suministrar el gas al material permeable a gas 5d. El miembro de soporte 5h puede obtenerse, por ejemplo, perforando con un medio de presión una placa de acero de 5 mm de espesor para obtener orificios cuyo diámetro de abertura de cada uno de ellos es de 5 mm. La razón por la que el miembro de soporte 5h se dispone sobre el material permeable a gas 5d es evitar que el material permeable a gas 5d se deforme o se dañe debido a la diferencia de presión $\Delta P'$, que se describirá posteriormente en este documento.

A continuación, como se muestra en la Figura 13, este sustrato 5 para la fabricación del miembro estructural hueco se forma por: recubrimiento de la superficie del miembro de soporte 5h con caucho de silicona sin curar; colocar la chapa de cobre sobre el caucho de silicona y posteriormente curar el caucho de silicona sin curar, formando de esta manera el sustrato 5 por unión.

De una manera en la que la superficie lateral del sustrato 5 para la fabricación del miembro estructural hueco está en contacto cercano con el recipiente sellado herméticamente 4, el sustrato 5 para la fabricación del miembro estructural hueco se ajusta en su posición dentro del recipiente sellado herméticamente 4. De acuerdo con esta disposición, el interior del recipiente sellado herméticamente 4 se define, con el sustrato 5 para la fabricación del miembro estructural hueco sirviendo como un borde, en un espacio superior 4a al que se orienta cada uno de los rebajes 5b, y un espacio inferior 4b al que se orienta el miembro de soporte 5h. El espacio superior 4a del recipiente sellado herméticamente 4 está en comunicación con: una bomba 11 que presuriza-despresuriza la presión de gas en el espacio superior 4a; y una válvula de descarga 12 que descarga el gas en el espacio superior 4a. Se proporciona una válvula de regulación de presión 13 entre la bomba 11 y el recipiente sellado herméticamente 4.

El espacio inferior 4b del recipiente sellado herméticamente 4 está en comunicación con: una bomba 14 que presuriza la presión de gas en el espacio inferior 4b; y una válvula de descarga 15 que descarga el gas en el espacio inferior 4b. Se proporciona una válvula reguladora de la presión 16 entre la bomba 11 y el recipiente sellado herméticamente 4.

En el Ejemplo 3, el gas a alta presión (presión de gas de 0,25 MPa) se inyecta desde el lado del espacio inferior 4b hasta el material permeable a gas 5d. La presión de gas en el espacio superior 4a es aceptable si es menor que la presión de gas del gas a alta presión. Sin embargo, este se ajusta a condiciones de presión ambiente desde el punto

de vista de la trabajabilidad en el recubrimiento del material inorgánico 5c del sustrato 5 para la fabricación del miembro estructural hueco con el material de deformación plástica.

5 El tiempo de inyección del gas a alta presión en el material permeable a gas 5d puede ajustarse apropiadamente. En este Ejemplo, como se muestra en la Figura 14, aproximadamente 10 minutos después del inicio de la inyección del gas a alta presión en el espacio inferior 4b, el material de deformación plástica se recubre sobre la superficie 5e del material inorgánico 5c, para formar de esta manera una película de deformación plástica 10. Sustancialmente en el mismo momento de la formación de esta película de deformación plástica 10, el gas a alta presión se libera de cada uno de los rebajes 5b para iniciar así la espumación. De acuerdo con esta disposición, el material de deformación plástica se expande y estira. Después, en la misma atmósfera de baja humedad y baja temperatura que en el Ejemplo 1, el material de deformación plástica se seca. En este caso, el secado se realiza en condiciones ambiente a una temperatura de 24 °C y una humedad del 45 % en peso durante aproximadamente cinco minutos. De acuerdo con esta disposición, se fabrica el miembro estructural hueco 1.

15 En el caso de controlar la altura (espesor) del miembro estructural hueco 1, la presión de gas en el espacio superior 4a se ajusta desde el momento justo antes de iniciarse la espumación del material de deformación plástica. Si la diferencia de presión entre la presión de gas en el espacio superior 4a y la presión de gas en el espacio inferior 4b se hace mayor, la penetración del material de deformación plástica en cada uno de los rebajes se bloquea adicionalmente. Una vez que el material de deformación plástica se ha espumado, incluso si la presión del gas dentro del espacio superior 4a se hace alta, el material de deformación plástica no penetrará en cada uno de los rebajes. Por otro lado, controlando la presión en el espacio superior 4a a una presión elevada, la velocidad de espumación se mantiene bajo control y la altura (espesor) del miembro estructural hueco 1 puede controlarse. Para acortar el tiempo para el secado, es preferible ajustar el interior del recipiente sellado herméticamente 4 a una humedad aún menor y una mayor temperatura.

25 La Figura 15 es una fotografía que muestra el miembro estructural hueco 1 fabricado de esta manera. La distancia entre el centro de los huecos 1a y el centro de los huecos 1a del miembro estructural hueco (es decir, el paso m) era de aproximadamente 10 μm , y el espesor x de la pared para dividir un hueco 1a y otro hueco 1a era de 0,2 μm y la altura h era de aproximadamente 10 μm .

30 En estos Ejemplos, se usó un material en solución acuosa en la descripción como el material de deformación plástica. No necesariamente está limitado a los Ejemplos anteriores, pero como el material de deformación plástica, se puede usar una resina curada por UV, una resina termoplástica y similares.

35 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 1, usando un material permeable a gas en parte de un material que constituye el sustrato para la producción de un miembro estructural hueco, un gas a alta presión se encapsula por inyección por adelantado, en condiciones de alta presión en el material permeable a gas. La película de deformación plástica se forma sobre la superficie por expansión y estirado de la película de deformación plástica en condiciones de presión reducida y, mientras se evita que el material de deformación plástica entre en los rebajes, el gas a alta presión que se encapsula en el material permeable a gas se descarga en cada uno de los rebajes. Por lo tanto, se consigue un efecto de que un miembro estructural hueco que tiene un espacio de paso entre los huecos por debajo de 30 μm puede fabricarse con precisión.

45 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 2, la formación de la película de deformación plástica en la superficie del sustrato para la producción de un miembro estructural hueco puede realizarse sustancialmente en el mismo momento que la inyección del gas en el material permeable a gas que constituye parte del sustrato para la producción de un miembro estructural hueco. Por lo tanto, hay un efecto de que el tiempo de fabricación puede reducirse.

50 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 3, hay un efecto en el que, en el momento de la expansión y estirado del material de deformación plástica que constituye la película de deformación plástica, un miembro estructural hueco puede fabricarse sin que el material de deformación plástica se dañe.

55 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 4, hay un efecto de que las fluctuaciones en la presión del gas que se va a descargar desde cada uno de los rebajes hacia la película de deformación plástica pueden reducirse y, por lo tanto, que la precisión dimensional del miembro estructural hueco puede mejorarse adicionalmente. Además, también hay un efecto en que el tiempo de fabricación del miembro estructural hueco puede acortarse.

60 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 5, puesto que el material permeable a gas se forma usando un material altamente polimérico, hay un efecto de que el producto es estructuralmente estable, tiene una pequeña fluctuación en el coeficiente de permeabilidad al gas y puede descargar el gas de presión uniforme fuera de los rebajes respectivos.

65 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 6, puesto que se usa dimetilpolisiloxano (DMPS) como el material altamente polimérico, hay un efecto de que el tiempo de penetración del gas en el material permeable a gas puede reducirse. Además, hay un efecto adicional de que el tiempo de fabricación del miembro estructural hueco

puede reducirse y que el miembro estructural hueco puede suministrarse a un coste reducido.

5 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 7, puesto que se emplea un material para formar cada uno de los rebajes y un material permeable a gas que son diferentes de los usados en la reivindicación 1, además del efecto de la reivindicación 1, hay un efecto adicional en que la libertad en la elección del material para formar los rebajes aumenta. Por ejemplo, puede seleccionarse un material que sea fácil de procesar con un patrón o un material que sea fácil de tratar superficialmente.

10 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 8, puesto que el material permeable a gas está soportado por un miembro de soporte que tiene una alta rigidez, hay un efecto de que puede evitarse que se deforme el material permeable a gas.

15 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 9, mientras se inyecta el gas en el material permeable a gas desde la superficie que es opuesta a la superficie que tiene cada uno de los rebajes, la película de deformación plástica puede formarse sobre la superficie de cada uno de los rebajes. Por lo tanto, como en la invención que se describe en las reivindicaciones 2 y 3, hay un efecto de que el tiempo para la fabricación puede reducirse.

20 De acuerdo con la invención descrita en la reivindicación 10, puesto que la presión en el recipiente sellado herméticamente puede ajustarse en el momento de la expansión y estirado de la película de deformación plástica, pueden controlarse las dimensiones del miembro estructural hueco.

Descripción de números de referencia

- 5 sustrato para la producción del miembro estructural hueco
- 25 5a superficie delantera
- 5b rebaje
- 10 película de deformación plástica

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un miembro estructural hueco (1) usando un sustrato (5) para la producción de un miembro estructural hueco, en el que el sustrato tiene: un material inorgánico (5c) para constituir la superficie delantera (5e) sobre la cual se forma una película de deformación plástica (10) usando un material de deformación plástica; y una pluralidad de rebajes (5b) que están abiertos hacia las superficies delantera (5e) y trasera (5f) y que almacenan en su interior un gas para formar una pluralidad de huecos (1a) por expansión y estirado de la película de deformación plástica (10) mediante la descarga del gas; con lo que usando un material permeable a gas (5d) en parte de un material que constituye el sustrato (5) para la producción del miembro estructural hueco, se encapsula un gas a alta presión por inyección anticipada, en condiciones de alta presión en el material permeable a gas; en el que la película de deformación plástica se forma sobre la superficie en condiciones de presión reducida; y en el que, aunque se evita que el material de deformación plástica entre en los rebajes (5b), el gas a alta presión que está encapsulado en el material permeable a gas se descarga dentro de cada uno de los rebajes (5b) de manera que la película de deformación plástica se expande y estira por el gas a alta presión en cada uno de los rebajes, de modo que se fabrica el miembro estructural hueco (1).

2. El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el gas a alta presión se inyecta en el material permeable a gas desde un lugar distinto de la superficie.

3. El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la diferencia de presión ΔP entre la presión de gas del gas a alta presión y la presión de gas en condiciones de presión reducida satisface la siguiente expresión condicional:

$$(2 \times \sigma/r) \cdot \Delta P < 2 \times \sigma_b \cdot L/r$$

donde σ es una tensión superficial del material de deformación plástica, r es un radio medio de cada uno de los rebajes, σ_b es una resistencia a la tensión del material de deformación plástica y L es la distancia entre los rebajes.

4. El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el gas a alta presión se inyecta en el material permeable a gas desde un lado de la superficie trasera que es opuesto a dicha superficie.

5. El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material permeable a gas consiste esencialmente en un material altamente polimérico.

6. El método de fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el material altamente polimérico es dimetilpolisiloxano.

7. Un sustrato (5) para la fabricación de un miembro estructural hueco de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato tiene una superficie delantera (5e) y una pluralidad de rebajes (5b) que se abren hacia la superficie, **caracterizado por que** el sustrato también tiene:

un material inorgánico (5c) para constituir la superficie delantera y cada uno de los rebajes se abre también hacia la superficie trasera (5f) y un material permeable a gas (5d) que se proporciona en el lado de la superficie trasera del material inorgánico.

8. Un sustrato para la fabricación de un miembro estructural hueco usando un sustrato (5) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el material permeable a gas (5d) está provisto de un miembro de soporte (5h) sobre una superficie opuesta a la superficie en la que se proporciona el material inorgánico, estando formado el miembro de soporte de un material que es de mayor rigidez que el material permeable a gas, teniendo el miembro de soporte un orificio pasante (5j) en comunicación con el material permeable a gas.

9. Un aparato para la fabricación de un miembro estructural hueco que comprende:

un recipiente sellado herméticamente (4) definido con el sustrato para la producción de un miembro estructural hueco de acuerdo con la reivindicación 8 que sirve como un borde en un espacio superior (4a) que está orientado hacia cada uno de los rebajes, y un espacio inferior (4b) que está orientado hacia el miembro de soporte; una bomba (7) que está en comunicación con el espacio superior y que presuriza y despresuriza el gas en el espacio superior; una válvula de descarga (8) que está en comunicación con el espacio superior y que descarga el gas en el espacio superior; una bomba (14) que está en comunicación con el espacio inferior y que presuriza la presión de gas en el espacio inferior; y una válvula de descarga (15) que está en comunicación con el espacio inferior y que descarga el gas en el

espacio inferior.

10. Un método de fabricación de un miembro estructural hueco que comprende controlar la altura, con el aparato para fabricar un hueco de acuerdo con la reivindicación 9, del miembro estructural hueco, controlando la presión de gas al menos en el espacio superior en el momento de la expansión y estirado del material de deformación plástica.
- 5

FIG.1

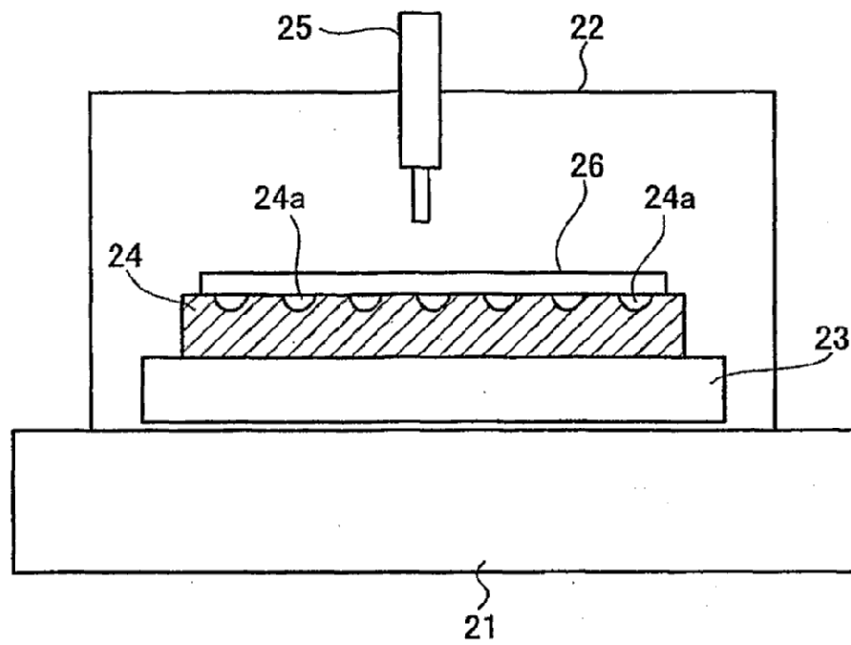


FIG.2

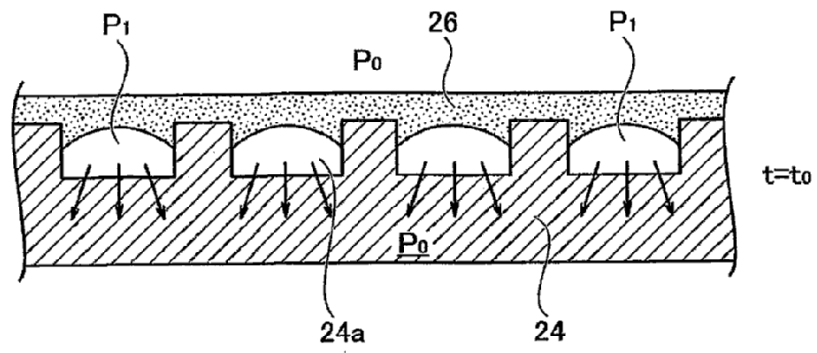


FIG.3

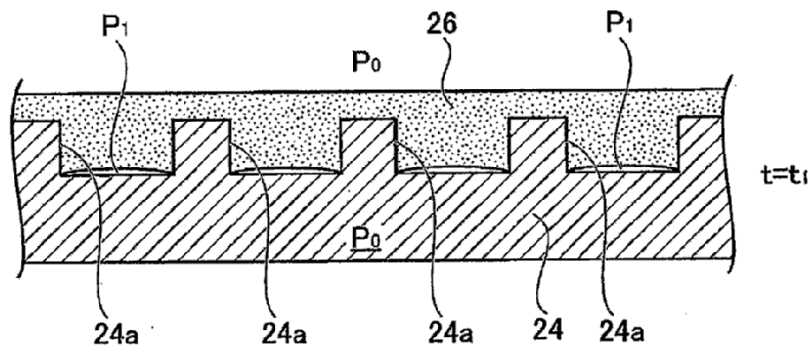


FIG.4

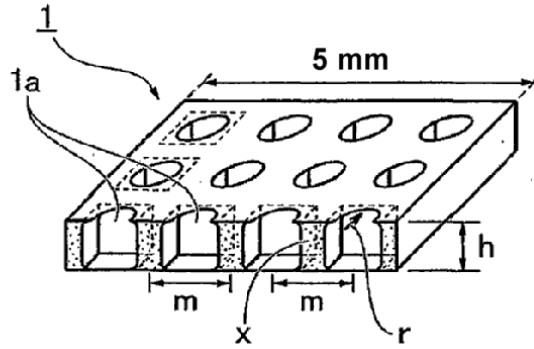


FIG.5

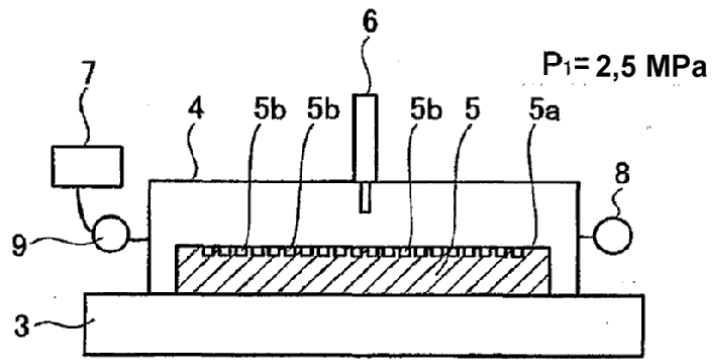


FIG.6

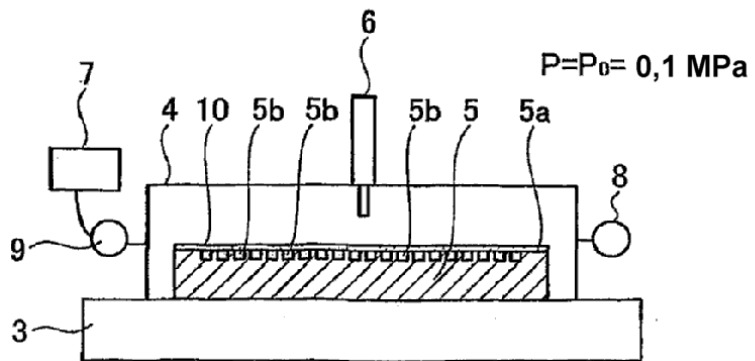


FIG.7

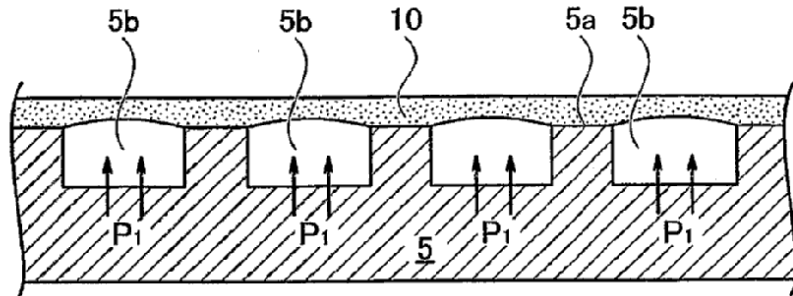


FIG.8

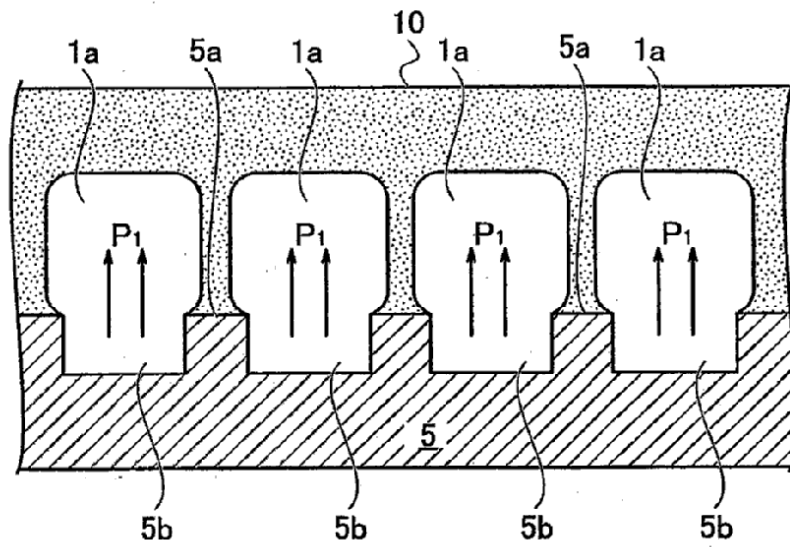


FIG.9

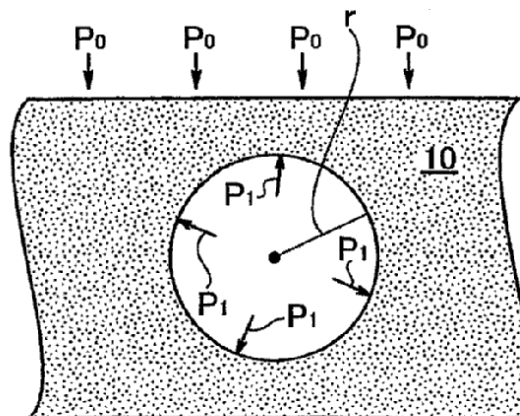


FIG.10

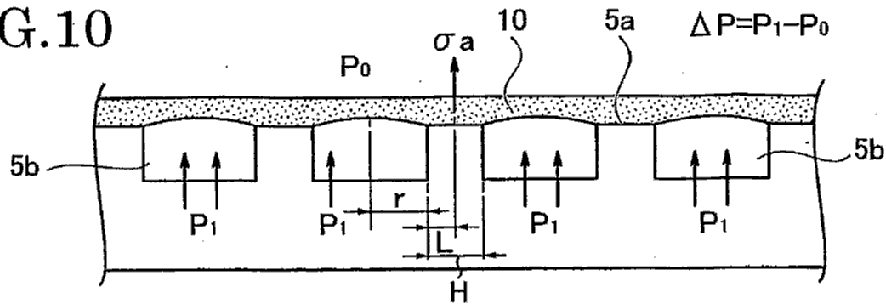


FIG.11

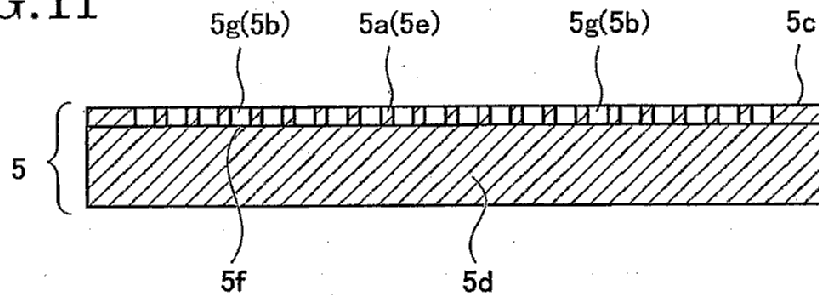


FIG.12A

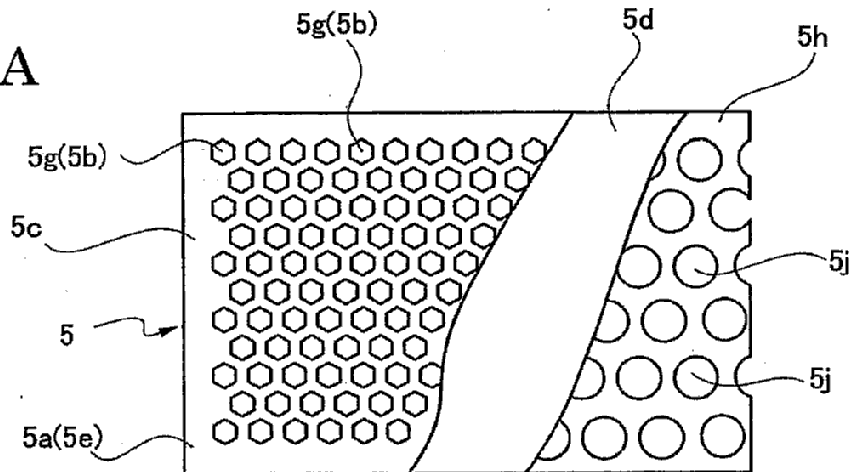


FIG.12B

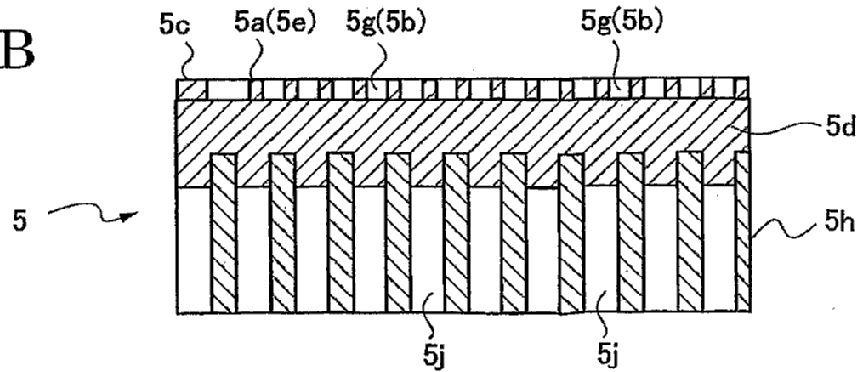


FIG.13

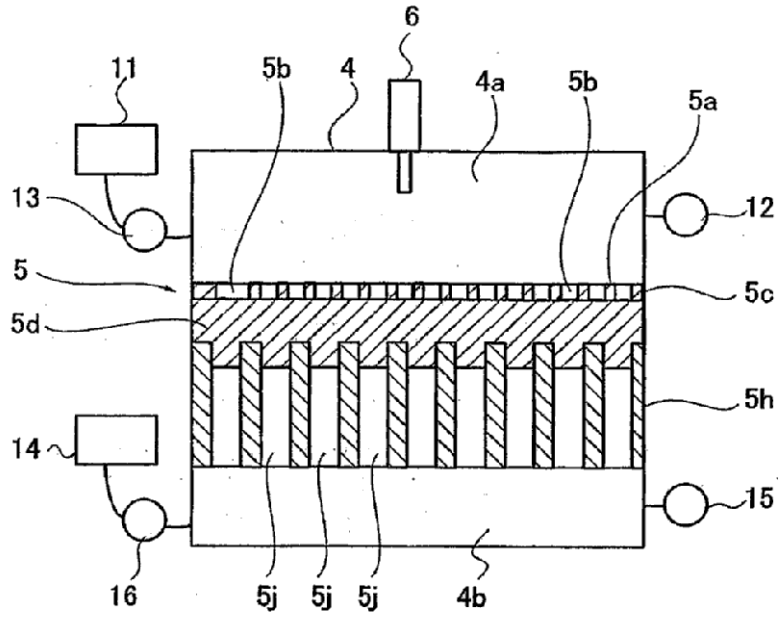


FIG.14

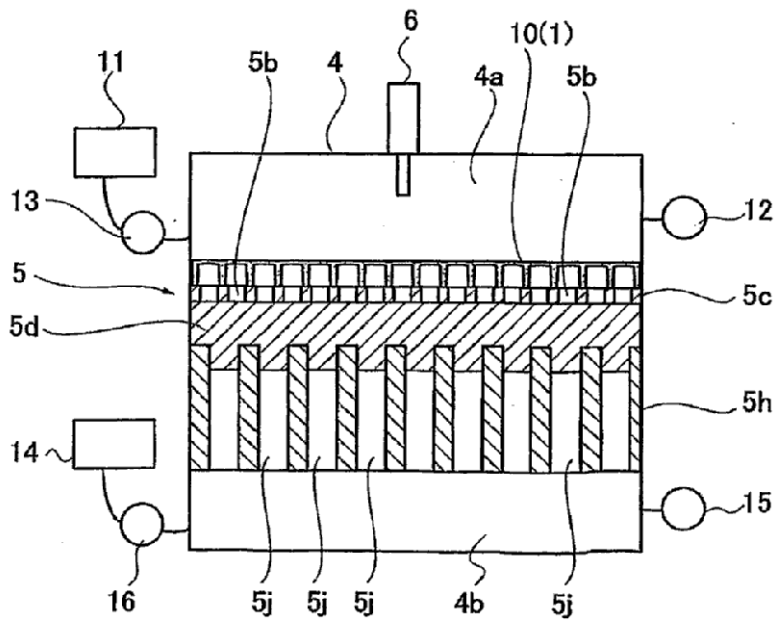


FIG.15

