

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 054**

51 Int. Cl.:

B29C 51/10 (2006.01)

B29C 43/10 (2006.01)

B29K 69/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2014** **PCT/IB2014/063992**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015** **WO2015025285**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2014** **E 14789611 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017** **EP 2958733**

54 Título: **Proceso para la formación de artículos a partir de una lámina polimérica**

30 Prioridad:

20.08.2013 US 201361867784 P

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

09.06.2017

73 Titular/es:

SABIC GLOBAL TECHNOLOGIES B.V. (100.0%)
Plasticslaan 1
4612 PX Bergen op Zoom, NL

72 Inventor/es:

VAN PEER, CORNELIUS JOHANNES GERARDUS
MARIA;
HARDEL, SVEN CHRISTIAN y
BOVEN, GEERT

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 616 054 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 para la formación de artículos a partir de una lámina polimérica

5 Campo técnico

La presente descripción se refiere en general a la formación de artículos usando lámina y tecnología de lámina y, más en particular, a métodos para formar artículos a partir de una lámina de polímero extruido.

10 Antecedentes

Las piezas transparentes producidas a partir de una lámina extruida termoplástica normalmente se pueden fabricar mediante varios procesos de formación. Sin embargo, estos procesos en general son lentos, laboriosos, y limitados en cuanto a opciones de diseño. Por ejemplo, cuando la pieza a realizar es compleja (incluye varios detalles complicados), solo son adecuadas para su uso unas pocas técnicas de formación.

Un tipo de técnica de formación adecuada para la producción de piezas complejas es la formación al vacío. En los procesos de formación al vacío, el material polimérico se calienta hasta que se vuelve flexible, y a continuación se coloca sobre un molde y se aspira con vacío hasta que adquiere la forma deseada. Sin embargo, al usar esta técnica, el contacto no uniforme del material con las superficies del molde a menudo produce piezas acabadas que tienen defectos en la superficie.

Un tipo de técnica de formación al vacío es la formación de tapón y anillo asistida por vacío, que es capaz de producir piezas de complejidad moderada. En la formación de tapón y anillo, el material polimérico en forma de lámina se estira sobre un anillo, y un tapón (molde macho) se presiona en el material polimérico para extraer en forma. Un inconveniente de esta técnica es que se producen excesivos restos de marca, en particular en las esquinas interiores de la pieza formada. Los restos de marca es la formación de marcas de las superficies del molde en la pieza acabada.

Otra técnica de formación al vacío es la formación de drapeado al vacío, que es adecuada para la producción de piezas simples o solo mínimamente complejas. Las piezas tales como los parabrisas de los vehículos se pueden conformar por drapeado a partir de material de policarbonato que tiene un espesor de aproximadamente 3 milímetros (mm) en unos 30 minutos o más. La formación mediante la técnica de formación de drapeado al vacío implica el estiramiento del material en forma de lámina sobre un molde macho antes de que el material se enfríe hasta un punto en el que deja de fluir.

Para producir piezas de alta complejidad, se utilizan técnicas tales como moldeo por inyección. Las técnicas de moldeo por inyección, en particular, suelen tener costes muy altos debido a los gastos relacionados con el equipo de moldeo por inyección y también debido a la fabricación de moldes para cada forma del producto/modelo. En los procesos que utilizan técnicas de moldeo por inyección, en general se desean grandes volúmenes de piezas producidas para hacer que los procesos sean rentables.

El documento DE 102010021892 desvela un método de producción de una pieza de soporte en tres dimensiones (3D) laminada con una capa de material en una herramienta de moldeo, en el que el método incluye la formación de una campana de presión con una primera mitad del molde y la formación de la pieza de soporte 3D con una segunda mitad del molde conservadora, en el que el laminado es un laminado plano. El laminado se corta en la campana de presión de la primera mitad del molde, en la que se aplica directamente presión como aire comprimido a la campana de presión bajo una presión de fluido de 20 a 300 bar (2-30 MPa) con la ayuda del fluido, y la formación de la pieza de soporte 3D laminada.

El documento DE 19957850 desvela un soporte con forma de cubeta que tiene una pieza de soporte, en la que un posicionador coloca el material de cobertura plano sobre la superficie de la pieza de soporte. El espacio sobre el material de cobertura sobre su lado alejado del soporte está rodeado por un borde, en el que un alimentador introduce fluido a presión en la frontera en forma de campana de presión.

La patente de Estados Unidos n.º 6.257.866 desvela una lámina de material plástico termoformable posicionado por presión de aire adyacente a una superficie plana de una placa de calentamiento para calentar y al menos ablandar la lámina. La lámina ablandada se drapea sobre un molde por la fuerza de presión de aire para formar una pieza moldeada al enfriar. Las clavijas de alineación se acoplan con la lámina en la alineación con el molde para asegurar el correcto posicionamiento de las marcas en la lámina con los elementos correspondientes en el molde.

Hay una necesidad continua en la técnica de técnicas y productos de moldeo mejorados.

Breve descripción

En la presente memoria se describen métodos para la fabricación de artículos transparentes y artículos fabricados a partir de los mismos.

5

El objetivo de la invención se consigue por el método de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

Las formas de realización preferidas de la invención se desvelan en las reivindicaciones dependientes.

10 Las características descritas anteriormente y otras características se ejemplifican mediante las siguientes figuras y descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

15 Ahora se hace referencia a las figuras, que son formas de realización, y en las que elementos similares se numeran igual. El archivo de patente o solicitud contiene al menos un dibujo en color. Las copias de esta publicación de patente o solicitud de patente con el dibujo(s) a color serán proporcionadas por la Oficina por petición y pago de la tasa necesaria.

20 La Figura 1 es una vista en sección esquemática de una forma de realización de ejemplo de un molde para formar una pieza usando los métodos desvelados en el presente documento;

La Figura 2 es una fotografía de un molde para un proceso de formación por drapeado al vacío;

La Figura 3 es una fotografía de una pieza seccionada formada sobre el molde de la Figura 2;

25 La Figura 4 es un dibujo esquemático de las medidas del perfil tomadas en una pieza formada de una lámina de policarbonato;

La Figura 5A es una imagen entre dos polarizadores en un ángulo de 90° (luz polarizada transversal) de policarbonato moldeado al vacío en una zona de las nervaduras de una pieza formada;

La Figura 5B es una imagen de luz polarizada entrecruzada de una zona de las nervaduras de una pieza de policarbonato formado por una técnica de formación a presión;

30 La Figura 6A es una imagen de luz polarizada entrecruzada de policarbonato moldeado al vacío en un área de puntos de una pieza formada;

La Figura 6B es una imagen de luz polarizada entrecruzada de un área de puntos de una pieza de policarbonato formado por una técnica de formación a presión;

35 La Figura 7A es una imagen de luz polarizada entrecruzada de tereftalato de polietilenglicol moldeado al vacío en una zona de las nervaduras de una pieza formada;

La Figura 7B es una imagen de luz polarizada entrecruzada de una zona de las nervaduras de una pieza de tereftalato de polietilenglicol formado por una técnica de formación a presión;

La Figura 8A es una imagen de luz polarizada entrecruzada de tereftalato de polietilenglicol moldeado al vacío en un área de puntos de una pieza formada; y

40 La Figura 8B es una imagen de luz polarizada entrecruzada de un área de puntos de una pieza de tereftalato de polietilenglicol moldeado al vacío por una técnica de formación a presión.

Descripción detallada

45 Una técnica para la formación de piezas transparentes complejas emplea una técnica de formación a presión, tal como se desvela en la patente de Estados Unidos n.º 5.108.530 de Niebling, Jr. et al. La técnica de formación a presión utiliza alta presión (hasta 300 bar -30 MPa- (por ejemplo 50 a 300 bar -5 a 30 MPa-, o 70 a 300 bar -7 a 30 MPa-) y calentamiento sin contacto de la pieza que se está formando. Puesto que no hay contacto entre un elemento de calentamiento y la pieza formada (con el calentamiento que en general es por radiación), la presión y la temperatura se pueden controlar de forma independiente para permitir la generación de perfiles de temperatura específicos de la pieza. Sorprendentemente se ha encontrado que al usar la técnica de formación a presión, se pueden producir piezas con una alta calidad óptica deseable usando temperaturas más bajas y tiempos de ciclo de formación inferiores y no hay necesidad de pre-secado (en comparación con otras técnicas) y usando un molde pulido. En particular, ninguno de los procesos de formación empleados hasta ahora forma piezas transparentes del

50 nivel de calidad óptica que se puede obtener con la formación a presión (por ejemplo, uniformidad del espesor, menor tensión, y replicación de la geometría del molde). Por ejemplo, ninguno ha demostrado la combinación de libertad de diseño, velocidad y calidad óptica de los procesos descritos a continuación. La técnica permite la formación de láminas de calidad óptica que tienen un espesor superior a 2 milímetros (mm), específicamente superior a 2,5 mm, más concretamente, superior o igual a 3,0 mm, por ejemplo, de 2 mm a 18 mm, de 3 mm a 18

60 mm.

Las piezas se forman mediante la aplicación de calentamiento sin contacto y presión a láminas extruidas de la materia prima. Las materias primas que se pueden usar en general tienen una estructura semicristalina o amorfa. Al calentar dicha materia prima en forma de lámina a una cierta temperatura conocida (por ejemplo, la temperatura de reblandecimiento), la materia prima se ablanda y fluye. La manipulación del material a o por encima de esta temperatura permite la conformación del material en artículos. Las materias primas para su uso con esta técnica

65

incluyen, pero no se limitan a policarbonatos, tereftalato de polietilenglicol, y similares. Dichos materiales pueden estar recubiertos o esmerilados para la protección contra la luz UV y/o la abrasión. El policarbonato que se utiliza con las técnicas descritas en el presente documento puede ser LEXAN™, que está disponible en SABIC Innovative Polymers IP BV, Makrolon™ disponible en Bayer Material Science, Panlite™ disponible en Teijin Chemicals Ltd, lupilon™ disponible en Mitsubishi Engineering Polymers, y otros. En cuanto a los revestimientos de resistencia a la abrasión, los posibles revestimientos incluyen revestimientos conformables tales como capas duras de silicio moldeable, revestimientos de melamina conformables, revestimientos de poliuretano moldeables y revestimientos acrílicos conformables. Por ejemplo, el FMR5XT es una lámina de policarbonato con una capa de melamina moldeable.

Un proceso que utiliza la formación a presión se basa en un calentamiento controlado de una lámina extruida de la materia prima y la formación de la lámina en un artículo presionando la lámina ablandada sobre un molde usando gas a presión (por ejemplo, aire). Al calentar la materia prima a la temperatura a la que el material sufre deflexión de bajo carga (como se determina por la norma ISO75-2, por ejemplo, una temperatura superior a la HDT, tal como superior a la HDT hasta $HDT + 40\text{ }^{\circ}\text{C}$), la temperatura de reblandecimiento del material, las temperaturas son bajas en comparación con otras técnicas de formación. La materia prima se puede calentar, por ejemplo, de modo que al menos un lado de toda la sección de la película o de la pieza predominante de la sección de la película, tenga una temperatura superficial de la película de $10\text{ a }65\text{ }^{\circ}\text{C}$, específicamente de $15\text{ a }65\text{ }^{\circ}\text{C}$, más específicamente de $20\text{ a }65\text{ }^{\circ}\text{C}$, y más específicamente, de $25\text{ a }60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50, en la que la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50 de un termoplástico es de acuerdo con la norma ISO 306 (50 N ; $50\text{ }^{\circ}\text{C/h}$).

Al usar la formación a presión para formar la lámina como se describe en el presente documento, se puede conformar una lámina de materia prima en un artículo o pieza que tiene una forma compleja. La lámina (también denominada sustrato), por ejemplo, puede tener un grosor de $0,75\text{ milímetros (mm)}$ a 18 milímetros , específicamente, de 1 mm a 15 mm , más específicamente, de 2 mm a 15 mm , y aún más específicamente, de $2,5\text{ mm}$ a 12 mm .

Al usar la formación a presión tal como se describe en el presente documento, en general se espera que altas fuerzas formen láminas relativamente gruesas en artículos o piezas a bajas temperaturas de formación (en las que las láminas todavía son bastante rígidas). Sin embargo, el proceso de utilizar la formación a presión permite la formación de una lámina de policarbonato en una forma tridimensional dentro de un periodo de tiempo más corto. Además del tiempo de ciclo más corto durante la formación, el tiempo de ciclo total se reduce drásticamente debido a que no es necesario el pre-secado de la lámina de policarbonato, lo que facilita la logística del proceso de formación y hace el secado al horno obsoleto. Inesperadamente, la calidad óptica, el grado de formación, y el nivel de tensiones residuales en el artículo o la pieza acabada son de una mejor calidad con respecto a piezas comparables formadas por otras técnicas (por ejemplo, formación por drapeado u otra formación al vacío).

Como se muestra en la Figura 1, una cámara de presión 10 comprende un molde 12 para formar un artículo o pieza que tiene una forma compleja y que es transparente. El molde 12 incluye una superficie contorneada 20 que define la forma general de la pieza. La superficie contorneada 20 puede estar configurada para definir nervaduras en el artículo o pieza a producir (por ejemplo, la superficie contorneada 20 puede incluir cavidades 22 y/o porciones elevadas (salientes) 24). El molde 12 puede estar compuesto de cualquier material que se pueda conformar con la forma deseada (incluyendo condiciones de la superficie (por ejemplo, suavidad, características, etc.), y soportar las temperaturas y presiones del proceso de moldeo. Por ejemplo, el molde se puede pulir con metal (por ejemplo, aluminio, acero, níquel, titanio, o similares), o con un material compuesto (por ejemplo, resina epoxi rellena de aluminio).

Opcionalmente se puede conseguir el calentamiento del sustrato en la cámara de presión. La cámara de presión 10 además puede comprender un molde. El calentador 30 puede ser una serie de elementos de calentamiento (por ejemplo, elementos de calentamiento por infrarrojos (IR)), que permite un calentamiento uniforme de la lámina. Los elementos de calentamiento pueden ser de cerámica, halógeno, cuarzo, metales, y etc. Cada elemento puede estar controlado independientemente de modo que el calentamiento de la lámina se puede optimizar para tener, por ejemplo, una temperatura muy homogénea. La cámara de presión 10 puede estar en comunicación fluida con un fluido (por ejemplo, gas) fuente 44 a través de la entrada 42. Opcionalmente, el calentamiento se puede realizar con la ayuda de calentamiento por infrarrojos, calentamiento por convección, calentamiento por alta frecuencia o con la ayuda de otro medio de calentamiento, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores. Por ejemplo, el calentamiento por convección con la ayuda de aire caliente o un líquido de calentamiento o un baño caliente como fuente de calor o calentamiento radiante, por ejemplo, con la ayuda de radiación infrarroja y/o calentadores de cuarzo. Dado que el calentamiento de alta frecuencia es menos deseable (por ejemplo, porque en este caso la región del núcleo también se calienta a la temperatura de la superficie), en algunas realizaciones, el calentamiento no se consigue por calentamiento de alta frecuencia.

El aire se comprime y crea una fuerza sobre la superficie de la lámina 40 frente a la del molde 12, y en la dirección del molde 12 (véase las flechas). El aire comprimido 46 comprime la lámina contra la superficie 20 del molde 12. El aire comprimido 46 se puede introducir en la cámara de presión 10 a una presión suficiente para forzar la lámina

contra la superficie del molde y conseguir una replicación superior o igual al 90 %. Por ejemplo, el gas se puede introducir en la cámara de presión 10 a una presión inferior o igual a 300 bar (30 MPa), específicamente, inferior o igual a 200 bar (20 MPa), más específicamente, inferior o igual a 150 bar (15 MPa). El gas se puede introducir en la cámara de presión 10, tal que la presión en el lado de gas 48 de la lámina 40 (es decir, el lado opuesto al molde 12), sea superior que la presión en el lado del molde 50 de la lámina 40.

Una vez que la lámina 14 se ha forzado contra la superficie 20, a continuación se puede enfriar (por ejemplo, activa o pasivamente) para producir el artículo deseado. Dentro de tales intervalos de temperatura y presión (por ejemplo, temperatura superior o igual a HDT y un diferencial de presión de 50 a 300 bar (5-30 MPa) (con la presión más alta en el lado de gas 48), el artículo se puede formar en el molde dentro de un periodo inferior o igual a 3 minutos, específicamente, inferior o igual a dos minutos. Al formar un artículo de policarbonato transparente como se describe en el presente documento (por ejemplo, justo por encima de la HDT del policarbonato, y dentro de un dicho periodo de tiempo (por ejemplo, inferior a 5 minutos), toda distorsión en el policarbonato durante el proceso de moldeo se reduce al mínimo deseable. Además, el policarbonato se puede moldear usando la formación a presión descrita en este documento sin pre-secado alguno del polímero (por ejemplo, el policarbonato), eliminando de este modo una etapa de producción que en general se incluye en el moldeo de materiales utilizando otras técnicas. En otras palabras, el policarbonato se calienta sin someterse primero a una etapa activa de secado o de eliminación de la humedad de otro modo en un horno, desecador, o similares.

Ejemplos comparativos

Con referencia ahora a la Figura 2, en general se muestra un molde para un proceso de formación al vacío típico y se designa por el número de referencia 100. El molde 100 se utiliza para formar policarbonato al vacío en una pieza que tiene una forma compleja. Las muestras del policarbonato se pre-secaron en un horno a 120 °C durante más de 12 horas. El molde 100 se usa en un proceso de formación al vacío empleando una máquina de formación al vacío Cannon Shelly PF1010 equipada con calentadores de cuarzo (disponible en Shelley Termoformers Int'l Ltd., Reino Unido) y que tiene una cavidad de molde no calentado que era de 52 centímetros (cm) de ancho por 52 cm de largo. Las superficies que definen el molde 100 se prepararon a partir de resina epoxi rellena de aluminio.

Se realizaron varios experimentos para determinar el proceso de formación al vacío más deseable. En los experimentos iniciales, se cortó una lámina de muestra a 65 cm x 65 cm, sujeta en la cavidad del molde sobre el molde, y se calienta a una temperatura a la que era posible la formación. La lámina de muestra se dejó combar y, después de retirar los calentadores de cuarzo, el molde 100 se empuja en la lámina, se aplica vacío, la lámina se enfría, y el molde 100 se retira de la lámina, liberando así la lámina formada a partir del molde 100. De esta manera, los bordes del molde 100 (en la nervadura, por ejemplo) no estaban adecuadamente definidos, lo que significa que la lámina no se formaba firmemente alrededor de los bordes. Se anotó el tiempo de ciclo total (el tiempo para cargar, calentar, y formar la lámina, y para enfriar y descargar la lámina formada).

Experimentos posteriores producen resultados más deseables. El procesamiento del policarbonato procedió como se ha descrito anteriormente, pero después de la retirada de los calentadores de cuarzo, se sopló aire bajo la lámina caliente para formar un colchón o burbuja, el molde se empuja hacia arriba parcialmente en la lámina calentada, y se aplica vacío para formar la lámina sobre el molde 100. Después de enfriar, el molde 100 se libera de la lámina formada. Se analizó la muestra para determinar la calidad de formación. Si la calidad de formación era inaceptable (por ejemplo, si las esquinas y bordes no estaban definidos adecuadamente), se siguen realizando experimentos en los que se aumenta el tiempo de calentamiento hasta que la formación era aceptable. El tiempo de calentamiento más corto para crear un producto de calidad aceptable, y el tiempo de ciclo total se presentan como Ejemplo Comparativo C1 y C3. Se realizó un segundo experimento similar usando tereftalato de polietilenglicol (PETG), cuyos resultados se presentan como Ejemplo comparativo C2 (véase la Tabla 1 a continuación).

Ejemplos

Se ha realizado una formación a presión usando una máquina de formación Niebling SAMK 400-42 (disponible en HDVF Kunststoffmaschinen GmbH, Penzberg, Alemania) que tiene un tamaño de la cavidad de 36 cm por 24,5 cm y un molde calentado. El molde tenía la misma forma que en los experimentos de la forma al vacío del ejemplo comparativo. Los materiales de la muestra, que incluían policarbonato, no se pre-secan. Se corta una lámina de muestra a medida y se perfora con agujeros en lugares específicos. La lámina de muestra se carga automáticamente, se sujeta en el bastidor, y se calienta entre ambos calentadores. El bastidor se movió posteriormente sobre el molde y se forma empujando el molde hacia arriba en la lámina calentada y la aplicación de presión en la parte superior de la lámina calentada, empujando así la lámina en el molde. Después de un corto tiempo de enfriamiento, el molde se liberó y la lámina formada se descargó. El proceso se repitió para optimizar artículos aceptablemente formados. Se reportó el tiempo de calentamiento más corto para crear un buen artículo formado (con bordes y esquinas bien definidas en secciones de nervaduras). Se observó el tiempo de ciclo total. Cuatro experimentos dieron como resultado los Ejemplos E1, E2, E3, y E4. Los detalles se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Tiempo de ciclo de formación						
Ejemplo	Tipo de resina	Calibre de la lámina	Proceso	Temperatura del molde (°C)	Presión (Pa)	Tiempo de ciclo (segundos)
C1	PC ¹	3	Vacío	80	Baja	120
C2	PETG	3	Vacío	80	Baja	145
C3	PC	6	Vacío	80	Baja	180
E1	PC	3	FP	130	10.000	95,7
E2	PETG	3	FP	60	8000	59,4
E3	PC	6	FP	130	7000	155
E4	FMR ²	2	FP	120	10.000	81,6
¹ lámina de policarbonato de calidad convencional; LEXAN™ 9030-112.						
² lámina de policarbonato que tiene una capa protectora UV y un revestimiento resistente a la abrasión (LEXAN™ Margard™ FMR5 XT.).						
³ FP es formación a presión						

La Tabla 1 muestra los distintos parámetros para el proceso de formación al vacío y el proceso de formación a presión de los Ejemplos. Se puede observar que los tiempos de ciclo totales de los procesos que emplean la formación a presión son inferiores a los del proceso de formación al vacío. Al comparar la formación a presión (Ejemplos E1, E2 y E3) con el proceso de formación al de los ejemplos comparativos (C1, C2 y C3), se puede observar que se reducen los tiempos de ciclo por producto de 120 a 95,7 segundos para policarbonato de 3 mm (C1 a E1) y de 145 a 59,4 segundos para PETG de 3 mm (C2 a E2) y de 180 a 155 segundos para PC de 6 mm (C3 a E3).

Además, también se puede observar que se puede formar policarbonato de gran calibre mediante la formación a presión (Ejemplo E3), y que, incluso con esta técnica se puede formar policarbonato de 12 mm para conseguir productos terminados adecuados.

Por otra parte, se determinó que no se puede formar FMR5XT por el proceso de formación al vacío sin que su revestimiento se agriete sobre la mayor parte de la superficie, en el que las grietas son visibles a simple vista para alguien con una visión normal (por ejemplo, una visión de 20/20). Como se muestra en la figura 3, se seccionó una pieza 110 formada sobre el molde 100 (Figura 2). Con la formación al vacío, el revestimiento se agrietó sobre toda la superficie. Con la formación a presión solo se observaron pequeñas grietas en el revestimiento en el punto 1 y el punto 6 en el que el adelgazamiento del revestimiento era superior al 25 %. Las grietas no estaban presentes con los procesos de formación a presión en las otras secciones de la muestra, ni tampoco en las zonas en las que el adelgazamiento era del 20 %. Por lo tanto, se determinó que los procesos que utilizan la formación a presión permiten una buena formación de la FMR (véase el Ejemplo E4).

La Tabla 2 muestra las comparaciones del adelgazamiento de las láminas de muestra en varios puntos para los diversos materiales (Ver FIG. 3). La cantidad de adelgazamiento se calculó utilizando la fórmula:

$$\text{Cantidad de adelgazamiento} = (1 - T/T_0) \times 100$$

en la que T es el espesor de la lámina después de la formación y T₀ es el espesor original de la lámina.

Tabla 2: Adelgazamiento de la lámina después de la formación (%)								
Ejemplo	Tipo de resina	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	ΔT *
C1	PC	46	25	25	10	13	41	36
C2	PETG	46	26	22	19	18	40	28
C3	PC	40	28	23	5	15	24	35
E1	PC	30	18	13	4	13	30	26
E2	PETG	27	18	13	7	15	33	26
E3	PC	34	16	8	5	6	36	31
E4	PCFMR	26	21	22	1	3	29	28
* ΔT es el cambio en el adelgazamiento a lo largo de la lámina.								

Como se puede observar en los ejemplos, los ejemplos comparativos tenían un adelgazamiento máximo de hasta el 46 % con una distribución de adelgazamiento a través de la lámina, un adelgazamiento delta, del 36 %, 28 % y 35 %, respectivamente. Los ejemplos que se utilizan en este proceso, sin embargo, tenían un adelgazamiento total

inferior al 40 %, y en su mayoría inferior al 35 %, en combinación con un adelgazamiento delta inferior al 35 %, específicamente, a inferior o igual al 31 %.

Las técnicas descritas en este documento de formación a presión (presión que se aplica para empujar la lámina en la superficie del molde) proporcionan ventajas sobre la formación al vacío y otros procesos para la formación de piezas poliméricas. En particular, por varias razones, la calidad de las piezas formadas mediante la formación a presión es superior a la calidad de las piezas formadas por los otros procesos. La calidad de las piezas se puede expresar en al menos tres aspectos. En primer lugar, la calidad puede estar relacionada con la distribución del espesor en varios puntos en la lámina que forma la pieza. En la formación de la pieza, la lámina se estira y, por tanto, es más delgada que antes de insertarse en el molde. El adelgazamiento preferentemente es mínimo (por ejemplo, el adelgazamiento es inferior o igual al 50 %, específicamente, a inferior o igual al 45 %, y más específicamente, inferior o igual al 40 %, e incluso inferior o igual al 35 %) e igualmente distribuido sustancialmente sobre toda la superficie de la lámina (por ejemplo, la diferencia en el adelgazamiento del otro lado de la lámina es inferior o igual al 40 %, específicamente, a inferior o igual al 35 %, y más específicamente, a inferior o igual al 30 %), evitando de este modo que tenga áreas más delgadas (con respecto a otras áreas de la lámina)

En segundo lugar, la forma de las piezas formadas usando formación a presión es superior a las formas de las piezas formadas con otros métodos. A diferencia de otras técnicas de vacío y de formación al vacío, el uso de la formación a presión para moldear policarbonato, en particular, permite que los bordes y las esquinas estén suficientemente definidos (especialmente en las zonas de nervaduras del artículo). Para evaluar si las esquinas estaban suficientemente definidas, se cortaron muestras de las piezas formadas y se inspeccionan con una lupa de 10x aumentos. Se compararon las profundidades, los ángulos y los espesores (se tomaron un promedio de tres mediciones para cada uno) con una cuadrícula de calibración. Como se muestra en la figura 4, se midieron las distancias 120 en un perfil superior 122 de la pieza conformada (cresta a valle), así como distancias 124 en un perfil inferior 126 (que define la nervadura). Los resultados se exponen en la Tabla 3, en el que el Ejemplo E4 (FMR5XT) mostró una formación particularmente superior en secciones de los elementos que definen la nervadura.

Tabla 3			
Ejemplo	Tipo de resina	Perfil superior del artículo (mm)	Perfil inferior del artículo (mm)
C1	PC	6,3	7,7
C2	PETG	4,7	7,3
C3	PC	0,3	5,2
E1	PC	10	7,3
E2	PETG	6	7
E3	PC	1,7	8,7
E4	PCFMR	10	8,3

En tercer lugar, se mejora la tensión y la distribución de la tensión en piezas formadas usando técnicas de formación a presión como se desvela en el presente documento. Una alta tensión y una distribución de la tensión desigual en las piezas formadas no son deseables ya que dicha tensión y distribución desigual pueden comprometer las propiedades globales de las piezas, en particular con respecto a las propiedades de impacto. La tensión se puede detectar usando luz polarizada cruzada colocando una pieza de muestra entre dos láminas polarizadas con las polarizaciones orientadas en direcciones perpendiculares. La detección de más colores en las láminas significa que hay presente más tensión en la pieza. En referencia a las Figuras 5A y 5B, se puede observar que el policarbonato formado mediante la formación a presión tiene menos colores en una zona de las nervaduras (Figura 5B) que el policarbonato formado al vacío (Figura 5A) en la misma zona y que el patrón de color se divide sobre la pieza de la muestra de manera más uniforme, lo que significa que se ha formado menos tensión por la técnica de formación a presión que mediante la formación al vacío. Resultados similares se pueden ver en las Figuras 6A y 6B, en las que el policarbonato formado mediante la formación a presión tiene menos colores en un área de puntos (véase área 130 en la FIG. 3) que el policarbonato formado al vacío (Figura 6A) en la misma zona. De nuevo se observan resultados similares con respecto al tereftalato de polietilenglicol en las áreas de nervadura (Figuras 7A y 7B) y en las áreas de puntos (Figuras 8A y 8B).

Otra ventaja de los procesos que utilizan la formación a presión como se describe en el presente documento es el ahorro de costes. Los costes de los moldes para la producción de piezas mediante la formación a presión en general son de aproximadamente un orden de magnitud inferior que los costes de moldes para la fabricación de las mismas piezas mediante moldeo por inyección. Otros costes de equipo (por ejemplo, máquinas de moldeo por inyección y máquinas de formación a presión) son comparables. No es necesario el presecado, lo que facilita la manipulación del sustrato y hace el secado al horno y su funcionamiento obsoleto.

En general, la invención puede comprender alternativamente, consistir en, o consistir esencialmente en, los componentes adecuados definidos en las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se exponen algunas realizaciones de los métodos desvelados en este documento.

5 Forma de realización 1 de acuerdo con la invención: Un método para formar un artículo transparente, que comprende: el calentamiento sin contacto de una lámina de polímero para formar una lámina calentada, en la que la lámina de polímero tiene un espesor superior a 2,5 mm; la creación de un diferencial de presión a través de la lámina calentada; empujar la lámina calentada sobre una superficie contorneada de un molde para formar un artículo conformado; y liberar el artículo conformado del molde, en el que el artículo conformado tiene una diferencia en el adelgazamiento a través del artículo conformado inferior o igual al 35 %.

10 Forma de realización 2 de acuerdo con la invención: Un método para formar un artículo transparente de acuerdo con la forma de realización 1, que comprende: el calentamiento sin contacto de una lámina de polímero para formar una lámina calentada, en la que la lámina de polímero tiene un espesor superior a 2,5 mm; la creación de un diferencial de presión a través de la lámina calentada; formando isostáticamente la lámina calentada sobre una superficie contorneada de un molde para formar un artículo conformado; y la liberación del artículo conformado del molde; en
15 el que el artículo conformado tiene una diferencia en el adelgazamiento a través del artículo conformado inferior o igual al 35 %.

20 Forma de realización 3 de acuerdo con la invención: Un método para formar un artículo transparente de acuerdo con la forma de realización 1, que comprende: el calentamiento sin contacto de una lámina de policarbonato transparente para formar una lámina calentada, que tiene una transparencia superior o igual al 1 % medida de acuerdo con la norma ASTM D1003-00, Procedimiento B, espectrofotómetro, usando el iluminante C con iluminación difusa y visualización unidireccional, en el que la lámina de policarbonato tiene un espesor superior a 2,5 mm; la creación de un diferencial de presión a través de la lámina calentada; empujar la lámina calentada sobre una
25 superficie contorneada de un molde para formar un artículo conformado; y la liberación del artículo conformado del molde; en el que la lámina de policarbonato comprende superior o igual al 50 % en peso de policarbonato basado en un peso total de la lámina de policarbonato; en el que la lámina de policarbonato tiene al menos una de una capa protectora UV y un revestimiento resistente a la abrasión; y en el que el artículo conformado tiene una diferencia en el adelgazamiento a través del artículo conformado inferior o igual al 35 %.

30 Forma de realización 4 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 3, en el que el espesor es superior o igual a 3,0 mm.

35 Forma de realización 5 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 4, en el que el espesor es superior o igual a 3,0 mm a 18 mm.

Forma de realización 6 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 5, en el que el calentamiento es a una temperatura de la lámina de material superior a HDT hasta (HDT + 40 °C) como se determina por la norma ISO75-2.

40 Forma de realización 7 de acuerdo con la invención: El método de la forma de realización 6, en el que la temperatura es de (HDT + 5 °C) a (HDT + 30 °C) como se determina por la norma ISO75-2.

45 Forma de realización 8 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 6, en el que el calentamiento es a una temperatura de la lámina de material de 10 a 65 °C por encima de la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50, en la que la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50 se determina de acuerdo con la norma ISO 306 (50 N; 50 °C/h).

50 Forma de realización 9 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 8, en el que el diferencial de presión es inferior a 300 bar (30 MPa).

Forma de realización 10 de acuerdo con la invención: El método de la forma de realización 9, en el que el diferencial de presión es inferior a 200 bar (20 MPa).

55 Forma de realización 11 de acuerdo con la invención: El método de la forma de realización 1, en el que, sin el pre-secado de la lámina de polímero, el tiempo para la formación del artículo conformado de la lámina de polímero es inferior o igual a 10 minutos.

60 Forma de realización 12 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 11, en el que el tiempo para la formación del artículo conformado de la lámina de polímero es inferior o igual a 5 minutos.

65 Forma de realización 13 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 12, en el que el tiempo para la formación del artículo conformado de la lámina de polímero es inferior o igual a 3 minutos.

Forma de realización 14 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 y 3 a 7 y 9 a 13, en el que la lámina de polímero tiene de 1 mm a 12 mm de espesor.

5 Forma de realización 15 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 7 y 9 a 14, en el que la lámina de polímero tiene de 2,5 mm a 15 mm de espesor.

10 Forma de realización 16 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 7 y 9 a 15, en el que el artículo conformado tiene una diferencia en el adelgazamiento a través del artículo conformado inferior o igual al 25 %, o inferior o igual al 20 %.

Forma de realización 17 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 13, en el que el artículo conformado no tiene grietas visibles a simple vista para una persona con una visión normal.

15 Forma de realización 18 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 13 y 17, en el que el calentamiento se consigue por medio de calentamiento por radiación con la ayuda de radiación infrarroja.

20 Forma de realización 19 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 18, en el que el diferencial de presión es superior o igual a 40 bar (4 MPa), o superior o igual a 50 bar (5 MPa), o superior o igual a 70 bar (7 MPa).

Forma de realización 20 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 19, en el que antes del calentamiento, la lámina de polímero es plana.

25 Forma de realización 21 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 20, que comprende además el montaje de la lámina de polímero sobre un bastidor, en el que solamente las secciones del borde de la lámina de polímero reposan sobre el bastidor.

30 Forma de realización 22 no reivindicada: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 21, que forma isostáticamente la lámina caliente para producir el artículo conformado.

Forma de realización 23 no reivindicada: El método de la forma de realización 21, en el que el artículo conformado se forma en menos de o igual a 5 segundos.

35 Forma de realización 24 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 13 y 17 y 18, en el que la lámina de polímero comprende policarbonato.

40 Forma de realización 25 de acuerdo con la invención: El método de cualquiera de las formas de realización 1 a 13 y 17 a 18 y 24, en el que la lámina de polímero comprende además un revestimiento conformable por drapeado, en el que el revestimiento conformable por drapeado comprende al menos uno de un revestimiento de protección UV y un revestimiento resistente a la abrasión.

45 Forma de realización 26 de acuerdo con la invención: Un artículo formado por el método de cualquiera de las formas de realización 1 a 13 y 17 a 18 y 24 a 25.

Forma de realización 27 de acuerdo con la invención: El método de la forma de realización 1, que comprende no calentar durante más o igual a 15 minutos para secar la lámina calentada antes de formar el artículo conformado.

50 Todos los intervalos descritos en este documento incluyen los extremos, por ejemplo, intervalos de "hasta el 25 % en peso, o, más específicamente, del 5 % en peso al 20 % en peso", incluyen los extremos. Los términos "un" y "una" y "el/la" en este documento no denotan una limitación en cuanto a la cantidad, y se deben interpretar que cubren tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en este documento o se contradiga claramente por el contexto. El sufijo "(s)" tal como se usa en el presente documento se pretende que incluya tanto el singular como el plural del término que modifica, incluyendo de este modo uno o más de dicho término (por ejemplo, la(s) lámina(s) incluye una o más láminas). La referencia a lo largo de la memoria descriptiva a "una realización", "otra forma de realización", "una forma de realización", etc., significa que se describe un elemento particular (por ejemplo, función, estructura, y/o característica) en conexión con la forma de realización que se incluye en, al menos, una forma de realización descrita en el presente documento. Salvo que en el presente documento se especifique lo contrario, todas las normas de la prueba son las normas más recientes vigentes en el momento de presentar esta solicitud.

60 Aunque se han descrito formas de realización particulares, alternativas, modificaciones, variaciones, mejoras y equivalentes sustanciales están cubiertas por el ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un artículo transparente, que comprende:

- 5 calentar sin contacto una lámina de polímero (14) para formar una lámina calentada, en donde la lámina de polímero tiene un espesor superior a 2,5 mm;
crear un diferencial de presión a través de la lámina calentada;
empujar la lámina calentada sobre una superficie contorneada (20) de un molde (12) para formar un artículo conformado; y
10 liberar el artículo conformado del molde (12),

en donde el artículo conformado tiene una diferencia en el adelgazamiento a través del artículo conformado inferior o igual al 35 %.

15 2. El método para formar un artículo transparente de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

la formación isostática de la lámina calentada sobre una superficie contorneada (20) de un molde (12) para formar un artículo conformado.

20 3. El método para formar un artículo transparente de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

- calentar sin contacto una lámina de policarbonato transparente (14) para formar una lámina calentada, que tiene una transparencia superior o igual al 1 % medida de acuerdo con la norma ASTM D-1003-00, Procedimiento B, espectrofotómetro, usando el iluminante C con iluminación difusa y visualización unidireccional,
25 en donde la lámina de policarbonato (14) comprende más o igual al 50 % en peso de policarbonato basado en un peso total de la lámina de policarbonato; y
en donde la lámina de policarbonato (14) tiene al menos una de una capa protectora UV y un revestimiento resistente a la abrasión.

30 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el espesor es superior o igual a 3,0 mm.

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el espesor es superior o igual a 3,0 mm hasta 18 mm.

35 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el calentamiento es a una temperatura de la lámina de material superior a HDT hasta (HDT + 40 °C) como se determina por la norma ISO75-2.

7. El método de la reivindicación 6, en el que la temperatura es (HDT + 5 °C) hasta (HDT + 30 °C) como se determina por la norma ISO75-2.

40 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el calentamiento es a una temperatura de la lámina de material de 10 a 65 °C por encima de la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50, en donde la temperatura de reblandecimiento Vicat B/50 se determina de acuerdo con la norma ISO 306 (50 N; 50 °C/h).

45 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el diferencial de presión es inferior a 300 bares.

10. El método de la reivindicación 9, en el que el diferencial de presión es inferior a 200 bares.

50 11. El método de la reivindicación 1, en el que, sin el presecado de la lámina de polímero (14), el tiempo para la formación del artículo conformado a partir de la lámina de polímero (14) es inferior o igual a 10 minutos.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el tiempo para la formación del artículo conformado a partir de la lámina de polímero (14) es inferior o igual a 5 minutos.

55 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el tiempo para la formación del artículo conformado a partir de la lámina de polímero (14) es inferior o igual a 3 minutos.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el artículo conformado no tiene grietas visibles a simple vista para una persona con una visión normal.

60 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el calentamiento se consigue por medio de calentamiento por radiación con la ayuda de radiación infrarroja.

65 16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que la lámina de polímero (14) comprende policarbonato.

17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que la lámina de polímero (14) comprende además un revestimiento conformable por drapeado, en donde el revestimiento conformable por drapeado comprende al menos uno de una capa protectora UV y un revestimiento resistente a la abrasión.

5 18. Un artículo formado por el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.

19. El método de la reivindicación 1, que comprende no calentar durante 15 minutos o más para secar la lámina calentada antes de formar el artículo conformado.

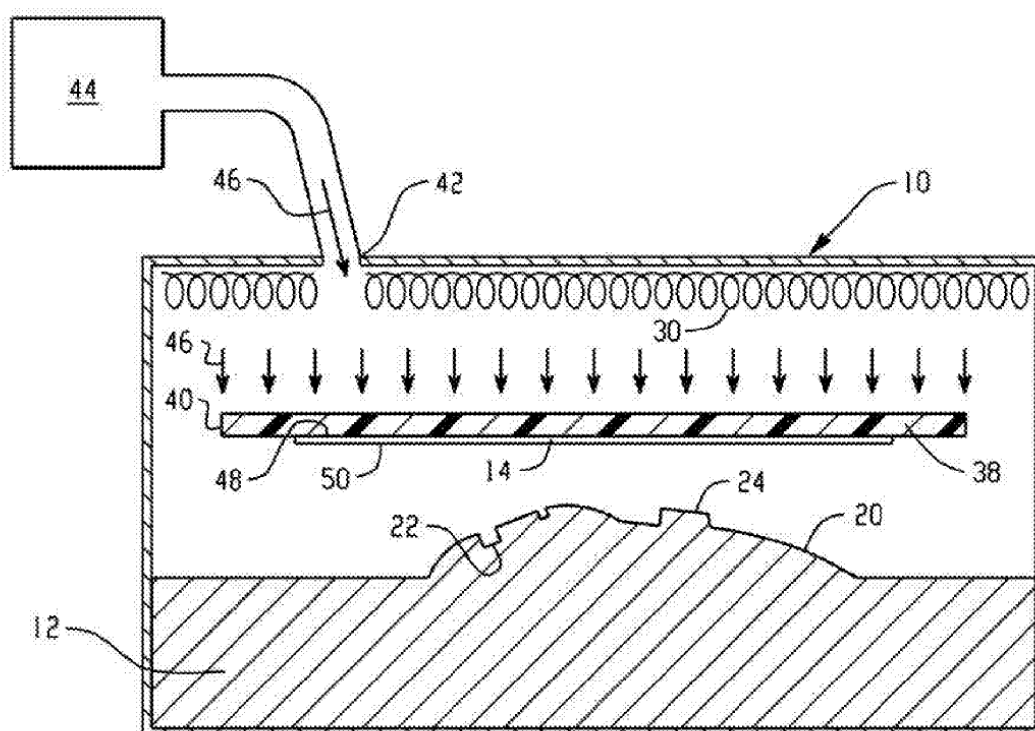


Fig. 1

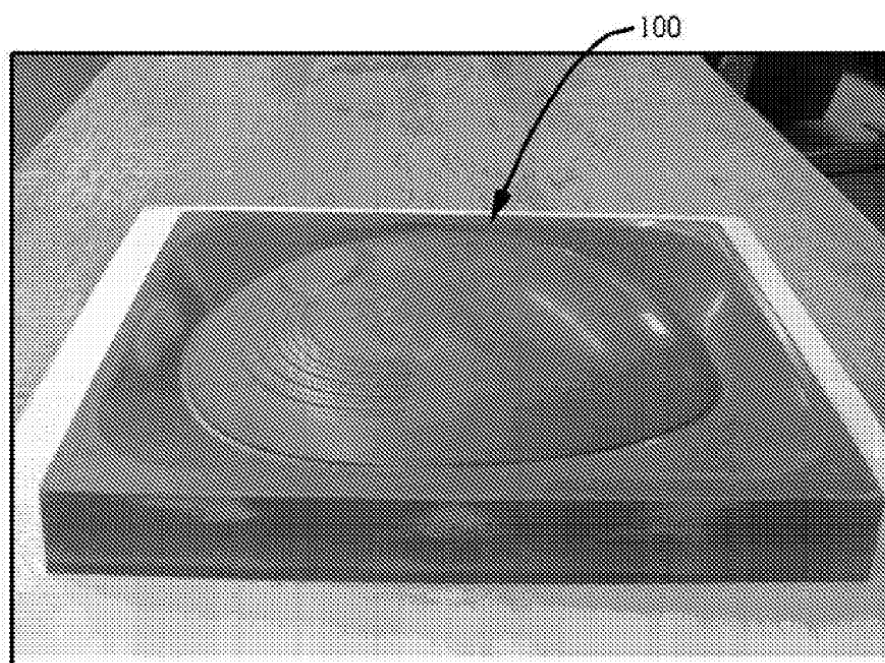


Fig. 2

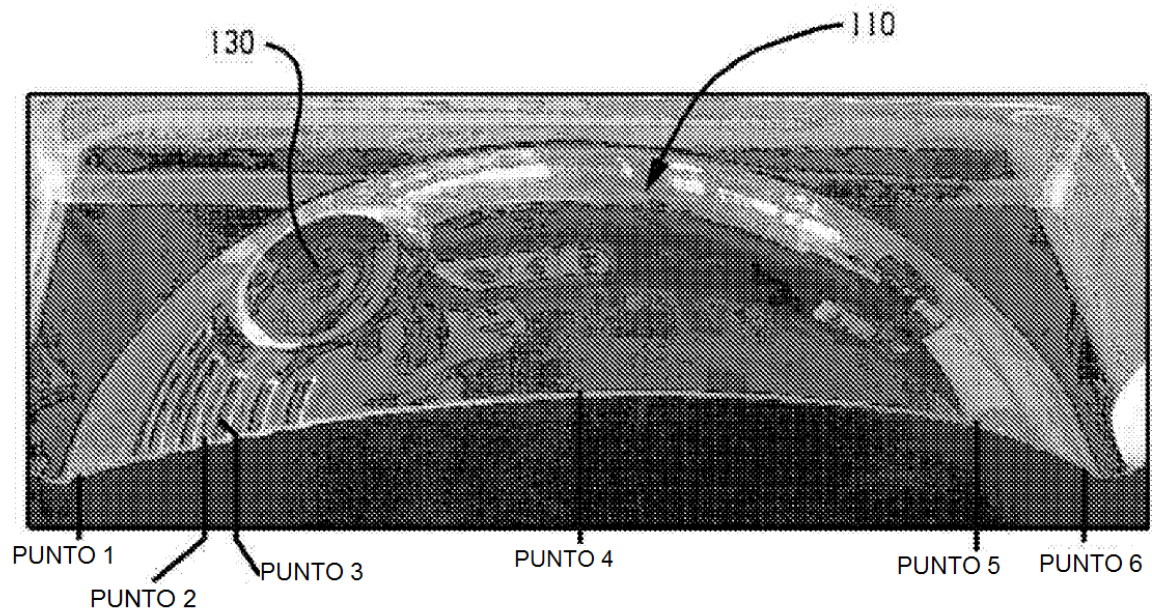


Fig. 3

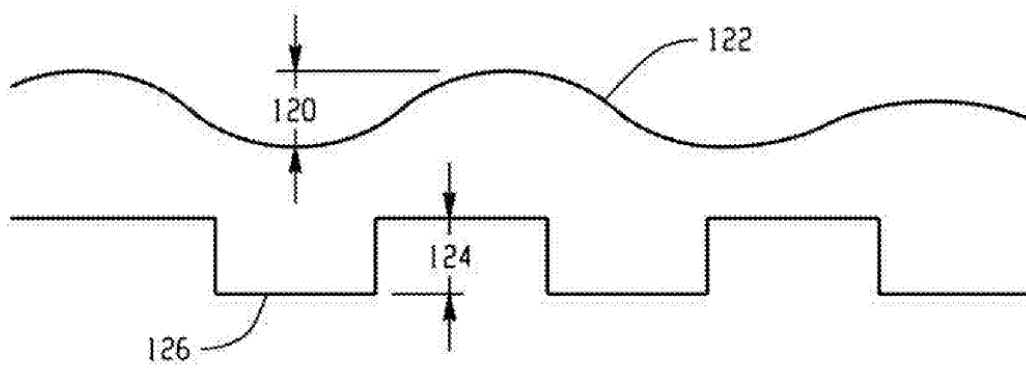


Fig. 4

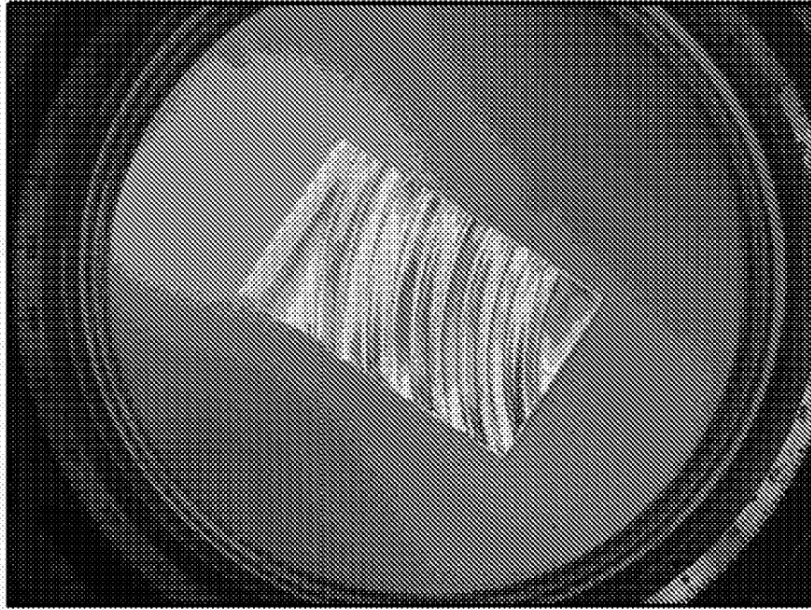


Fig. 5A

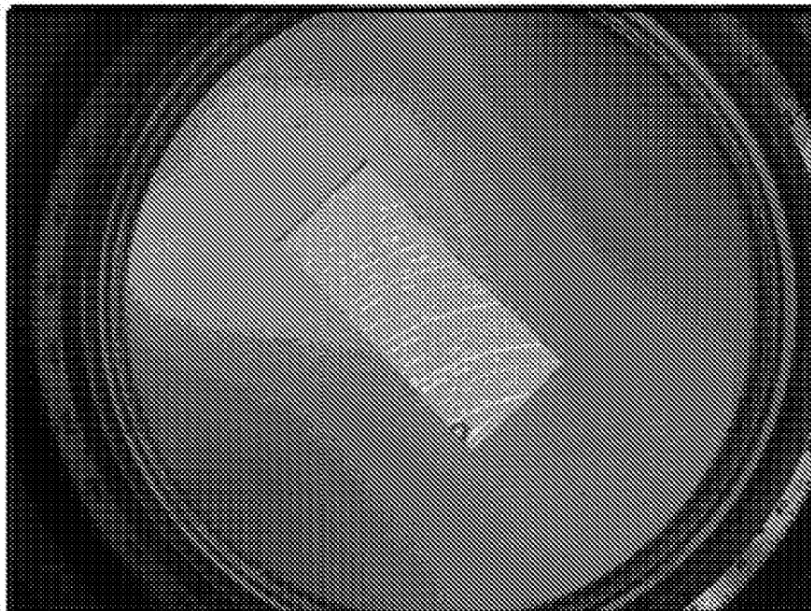


Fig. 5B

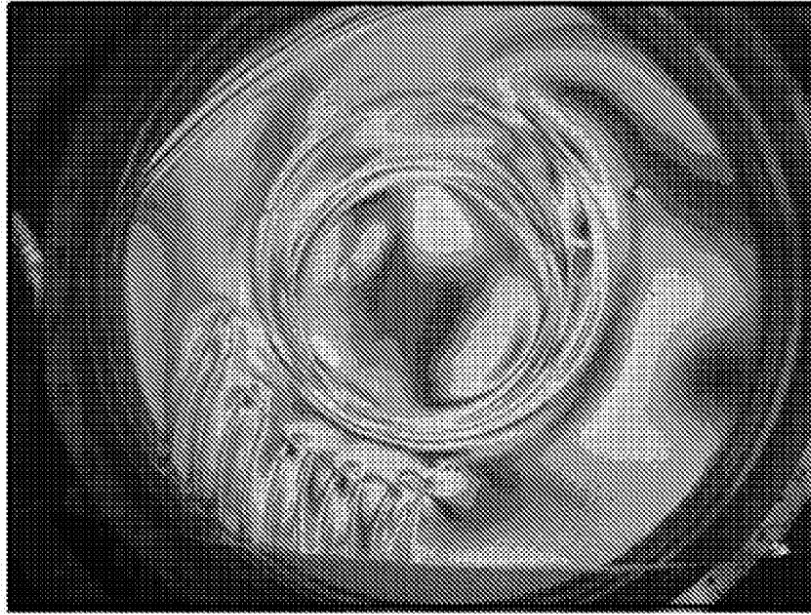


Fig. 6A

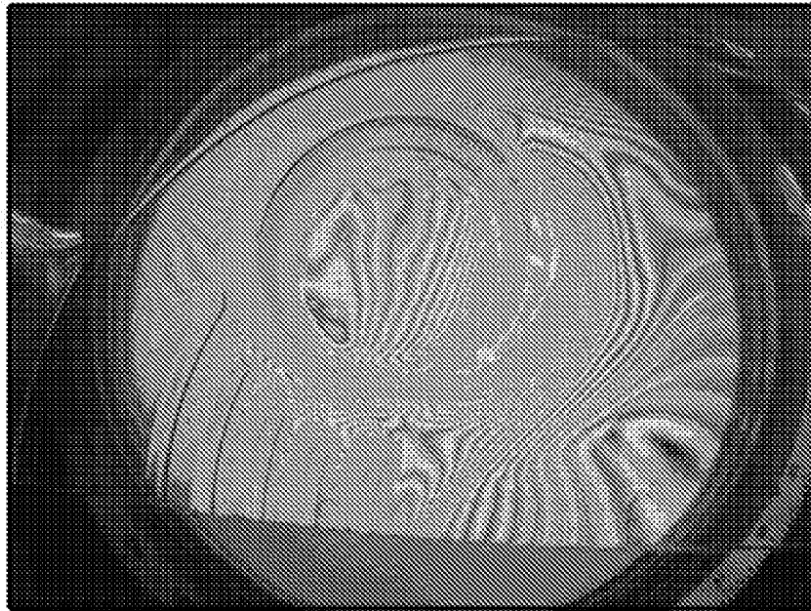


Fig. 6B

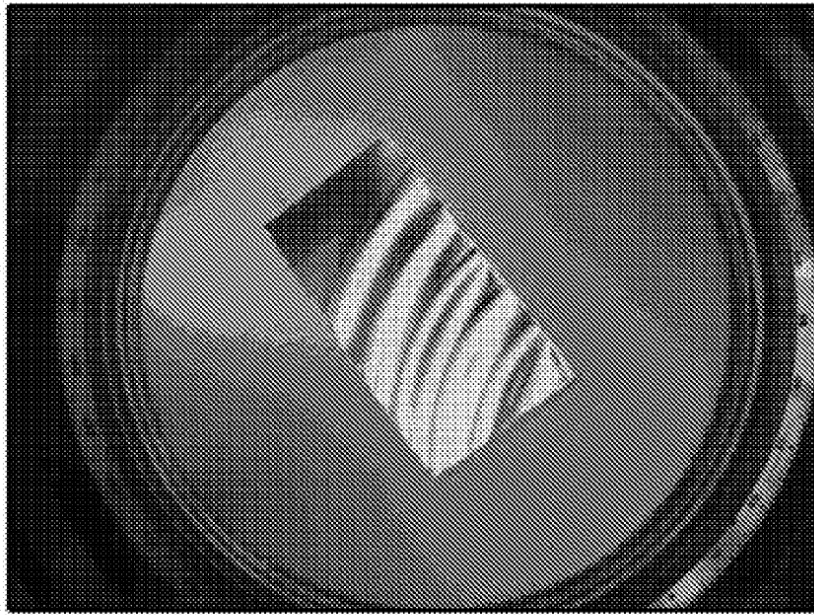


Fig. 7A

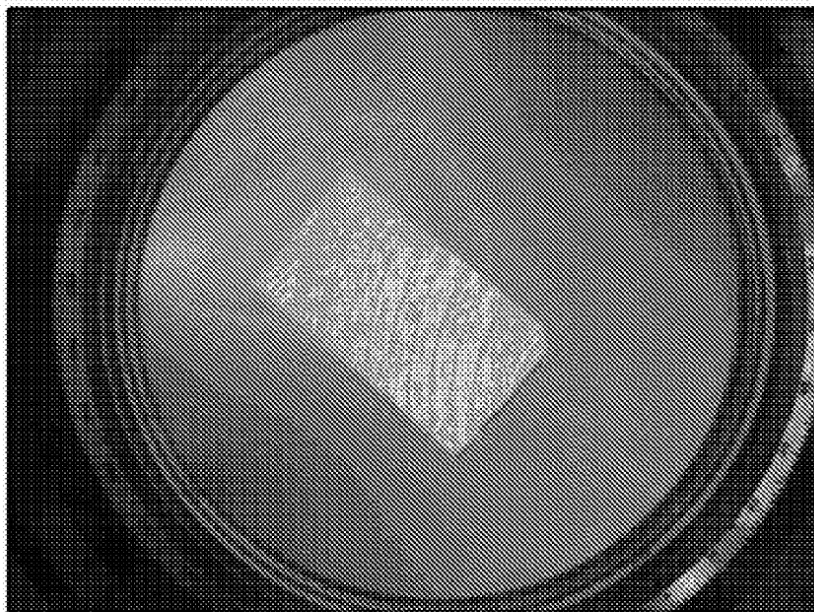


Fig. 7B

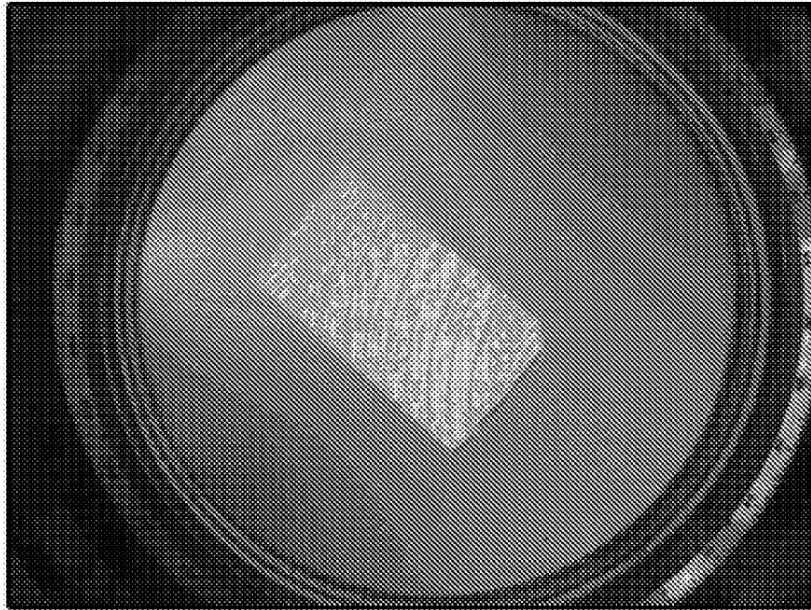


Fig. 8A

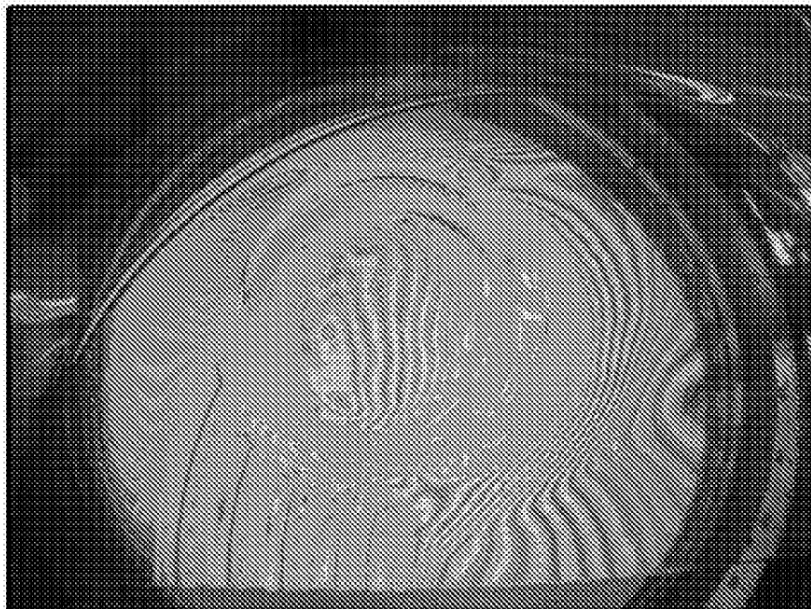


Fig. 8B