

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 436**

51 Int. Cl.:

B29C 49/16 (2006.01)
B29C 49/64 (2006.01)
B65D 1/02 (2006.01)
B29C 49/06 (2006.01)
B29B 11/08 (2006.01)
B29B 11/10 (2006.01)
B29B 11/12 (2006.01)
B29C 35/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2009 E 09168942 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2168752**

54 Título: **Proceso de moldeo por soplado con estirado y recipiente**

30 Prioridad:

30.09.2008 EP 08165461

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

22.04.2015

73 Titular/es:

**THE PROCTER & GAMBLE COMPANY (100.0%)
ONE PROCTER & GAMBLE PLAZA
CINCINNATI, OH 45202, US**

72 Inventor/es:

ETESSE, PATRICK JEAN-FRANCOIS

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 534 436 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso de moldeo por soplado con estirado y recipiente

5 **Campo de la invención**

El moldeo por inyección-soplado con estirado es un proceso muy usado para la fabricación de botellas que se hacen de poliéster, concretamente de tereftalato de polietileno. Dichas botellas se emplean comúnmente, entre otros fines, para el envasado de refrescos.

10

Antecedentes de la invención

Las propiedades físicas del tereftalato de polietileno hacen que este material se adapte bien al proceso de moldeo por inyección-soplado con estirado.

15

Por el contrario, las propiedades físicas del polietileno se consideran mucho menos adecuadas para el moldeo por inyección-soplado con estirado. En JP-A-2000/086722, publicada el 28 de marzo de 2000, se describe una resina de polietileno de alta densidad que se somete al moldeo por inyección-soplado con estirado. La resina de polietileno tiene un índice de fluidez de 1 a 15 g/10 minutos; una relación de fluidez de 10 a 14,5; y una densidad de 0,961 a 0,973 g/cm³.

20

Las piezas de plástico se cuartean por las tensiones internas cuando son sometidas a una tensión de tracción y están en contacto con líquidos debido a un mecanismo de oxidación o lubricación. Este proceso es conocido como Fisurado por Tensión Ambiental. El mecanismo de oxidación (es decir, la ruptura de las moléculas del polímero) está presente en los líquidos que contienen oxidantes (p. ej. hipoclorito y peróxido de hidrógeno), mientras que el mecanismo de lubricación está presente en los líquidos que contienen tensioactivos. Con ambos mecanismos, la densidad numérica y la longitud de las moléculas de unión (es decir, las moléculas que conectan las cristalitas) forman el parámetro de control de la resistencia al fisurado por tensión ambiental (ESCR, por sus siglas en inglés). Debe observarse que el fisurado por tensión solo ocurre en la carga de tracción, no en la carga de compresión. Dicho de otra manera, en una botella, el fisurado por tensión puede ocurrir únicamente en las regiones que sean sometidas a una deformación por tracción y estén en contacto con el líquido. Cuando se somete el material de polietileno a una carga de tracción en la industria o en el laboratorio, las cristalitas sufren tensiones y empiezan a alejarse unas de otras a medida que las moléculas se estiran. En el modo quebradizo de fisurado, las moléculas de unión se retiran por completo de las cristalitas haciendo que estas se separen. En el fisurado dúctil, las moléculas de unión provocan la fractura de las cristalitas y crean fibrillas. Los oxidantes en el líquido (p. ej. blanqueador) rompen las moléculas de unión provocando un fisurado más precoz que cuando el material se expone al agua o el aire. Además, los tensioactivos en el líquido lubrican el desenmarañamiento de las moléculas de unión y su separación de las cristalitas. En términos de propiedades mensurables, la ESCR aumenta con el peso molecular medio (ya que el número de moléculas de unión aumenta con el peso molecular), y disminuye a medida que aumenta la amplitud de la distribución del peso molecular, la cristalinidad y el tamaño esferulítico.

25

30

35

40

Las limitaciones impuestas por el coste y la velocidad de fabricación, así como las propiedades de resistencia al fisurado por tensión ambiental, han impedido que las botellas de polietileno moldeadas por inyección-soplado con estirado logren el éxito comercial. La presente invención pretende superar las limitaciones del estado de la técnica.

45

Sigue existiendo la necesidad de un proceso de soplado de recipientes de polietileno que tengan una resistencia al fisurado por tensión ambiental mejorada.

50

En EP-1 688 234 A2, que forma el preámbulo de la reivindicación 1, se refiere a un proceso para la conformación de recipientes asimétricos de polietileno mediante moldeo por soplado con estirado, y a recipientes conformados mediante dicho proceso. En EP-1 484 160 A1 se refiere a un aparato que comprende una barra de estirado accionada por un motor para el moldeo por soplado de recipientes utilizando resinas termoplásticas, como PET. El proceso de EP-1 484 160 A1 puede incluir una fase de presoplado, utilizando aire comprimido a una presión de 1 a 2,5 MPa (10 a 25 bares). En EP -1 870 223 A1 se refiere a copolímeros aleatorios con un índice de fluidez bajo de polipropileno para el moldeo por inyección-soplado con estirado. En EP-1 870 223 A1 se describe un proceso que incluye una etapa de presoplado, después de la cual la preforma se estira usando una barra de estiramiento, preferiblemente a una velocidad de 1 m/s a 2 m/s, durante una etapa posterior de soplado. El material de esta preforma es PP con un contenido de etileno de 2% a 3,5% en peso.

55

Sumario de la invención

Un proceso para moldear por soplado un recipiente de polietileno que comprende las etapas de:

60

a) proporcionar una preforma sólida que se fabrica de un material de polietileno que tiene un índice de fluidez de 0,01 a 10,0 g/10 minutos, en donde la preforma comprende una región de cuello, paredes laterales y una región de base, y en donde las paredes laterales entre la región de cuello y la región de base tienen paredes exteriores sustancialmente rectas y paralelas;

65

b) recalentar la preforma para que la diferencia de temperatura máxima entre las regiones más calientes y más frías de las paredes laterales y la región de base de la preforma recalentada sea inferior a 4 °C;

c) transferir la preforma recalentada a un molde de soplado;

d) estirar la preforma a una presión por debajo de 1 MPa (10 bares); y en donde la preforma se estira por medio de una barra de estiramiento a una velocidad superior a 1 m/s; y

e) aumentar la presión dentro de la preforma recalentada con el fin de provocar que las paredes de la preforma recalentada se expandan a la forma y dimensiones que existen dentro del molde de soplado.

Preferiblemente un recipiente de polietileno fabricado según la presente invención tiene un espesor mínimo de pared del recipiente inferior a 200 micrómetros y una relación de peso a volumen del recipiente vacío inferior a 50 gramos por litro.

En las reivindicaciones dependientes se definen otras características de la invención.

Descripción detallada de la invención

La preforma para usar en el proceso de la presente invención comprende una región de cuello, paredes laterales y una región de base. Las paredes laterales de la preforma, entre la región de cuello y la región de base, tienen paredes exteriores y superficies de paredes exteriores sustancialmente rectas y paralelas formando, de este modo, un tubo sustancialmente simétrico en sus dimensiones exteriores desde un punto cercano al extremo cerrado hasta un punto cercano al extremo abierto. La pared interior de la preforma, de forma general, presenta un perfil producido por una zona de transición. Se ha descubierto que los diseños de preformas con paredes exteriores rectas y paralelas permiten el recalentamiento y la tensión uniformes del polietileno, siendo por tanto coadyuvantes del moldeo por soplado del recipiente final. Otra ventaja de los diseños de preformas de paredes rectas y paralelas es que maximiza la cantidad de material que se puede envasar en un diseño dado de cuello y minimiza las relaciones de estiramiento. En el contexto del polietileno esto es importante debido a que posee una densidad más baja que otros materiales más tradicionales que se usan para el moldeo por inyección-soplado con estirado, como el tereftalato de polietileno, y por sus propiedades de endurecerse sin deformarse que requiere relaciones de elasticidad más bajas.

El polietileno puede ser un homopolímero que consista en unidades monoméricas de etileno, o puede ser un copolímero que consista en unidades de etileno copolimerizado con otras unidades monoméricas, preferiblemente alfa-olefinas C3 a C20.

De forma típica la temperatura de fusión del polietileno útil en la presente invención es de aproximadamente 180 °C a aproximadamente 220 °C.

En una realización, el polietileno es "PE de una biofuente", es decir, que procede de una fuente renovable en vez del petróleo. En esta realización, se fermenta caña de azúcar para producir alcohol. Se deshidrata el alcohol para producir un gas de etileno. Este gas de etileno se pasa después por un reactor de polimerización de la misma manera que cualquier gas de etileno derivado del petróleo podría ser pasado por un reactor de polimerización. El polietileno de biofuente se puede hacer de otras plantas, por ejemplo, remolacha azucarera/melaza/celulosa. El polietileno de biofuente tiene las mismas propiedades que el polietileno a base de petróleo, siempre que haya sido polimerizado bajo las mismas condiciones del reactor que el polietileno procedente del petróleo.

El índice de fluidez (MFI) se mide según la norma ASTM D-1238 (de la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales). Todas las referencias al MFI indicadas en la presente memoria se refieren a mediciones realizadas a 190 °C y 2,16 kg según esta norma para el HDPE (polietileno de alta densidad). Por regla general, cuanto más viscoso sea un material a una temperatura dada, más bajo será el valor del MFI de ese material.

Se descubrió que la selección de una resina de polietileno que tuviera un índice de fluidez de entre 0,01 y 10,0 g/10 minutos, preferiblemente entre 0,01 y 5,0 g/10 minutos, más preferiblemente entre 0,01 y 2,0 g/10 minutos, y con máxima preferencia de 0,01 a 1,0 g/10 minutos, suponía un medio eficaz para lograr una buena resistencia al fisurado por tensión ambiental (ESCR) de los recipientes resultantes. Además, las resinas de polietileno tienen, preferiblemente, una densidad de 0,941 a 0,960 g/cm³. Se descubrió que dichas resinas también producen recipientes con una buena resistencia al fisurado por tensión ambiental.

Se usó calorimetría de barrido diferencial modulado (MDSC) para determinar el intervalo de fusión y la cristalinidad inicial de las resinas Basell 5831D (polietileno de alta densidad) en comparación con Basell Stretchene 1685 (polipropileno). La resina Basell 5831D muestra una reacción endotérmica de fusión con un pico máximo a 129,95 °C. La amplitud máxima (T_{máx} - T_p) es de 7,89 °C. La resina Basell Stretchene 1685 muestra una reacción endotérmica de fusión con un pico máximo a 157,4 °C. La amplitud máxima (T_{máx} - T_p) es de 17,49 °C. El intervalo de fusión real es mucho más amplio para ambos materiales ya que la reacción endotérmica empieza a una temperatura mucho más baja y termina a una más alta. El punto de presentación se define como la intersección de una línea tangente inicial con una línea tangente final y no es realmente el principio del evento endotérmico. Para la resina Basell 5831D el intervalo es de aproximadamente 75 °C a

138 °C y para la resina Basell Stretchene 1685 el intervalo es de aproximadamente 90 °C a 165 °C. Estos resultados muestran que el pico/intervalo de fusión del polietileno de alta densidad es mucho más estrecho que el del polipropileno.

La preforma de polietileno se proporciona en una primera etapa del proceso (a). El moldeo por inyección de alta cavitación es el proceso que más se usa actualmente para la producción de preformas. Sin embargo, las presiones de inyección para el polietileno se encuentran en picos de presión del orden de 50 a 80 MPa (500 a 800 bares), significativamente superiores a los de los procesos actuales que usan tereftalato de polietileno (del orden de 20 a 30 MPa (200 a 300 bares), y esto podría impedir la aplicabilidad del proceso a los moldes de cavitación grandes (48 cavidades y más). De esta forma, podría ser ventajoso inyectar el polietileno a temperaturas más altas o emplear técnicas distintas de producción para las preformas de polietileno, como el moldeo por inyección, moldeo por extrusión-soplado o moldeo por compresión.

La refrigeración de la preforma tiene un efecto importante en la duración del ciclo del proceso de fabricación de la preforma. Para las preformas convencionales, es decir, preformas de tereftalato de polietileno, normalmente las preformas no se refrigeran en el molde, sino que se retiran del molde a una temperatura en la que la preforma es bastante fuerte estructuralmente y no se adhiere a la superficie, introduciéndola después en una unidad de refrigeración. Las preformas de polietileno de la presente invención se refrigeran, preferiblemente, antes de ser expulsadas del primer molde. Con el fin de lograr la duración deseada del ciclo de fabricación se necesitan, de forma típica, temperaturas de procesamiento altas para formar preformas de resinas de alta viscosidad y bajo MFI. Preferiblemente la temperatura de las preformas se reduce antes de que las preformas sean expulsadas del primer molde si se quiere evitar la posterior deformación de la preforma.

En otra etapa del proceso (b) se recalienta la preforma, preferiblemente en un horno por infrarrojos. Las temperaturas típicas de recalentamiento son de aproximadamente 120 °C a aproximadamente 140 °C. La diferencia de temperatura máxima entre las regiones más calientes y más frías de la pared lateral y la región de base de la preforma recalentada es preferiblemente inferior a 4 °C, y más preferiblemente inferior a 2 °C. En condiciones de laboratorio, la temperatura de la pared lateral y de la región de base con respecto a las temperaturas de la preforma fueron homogéneas a +/- 1 °C antes de salir del horno

La preforma recalentada se transfiere a un molde de soplado y se estira a una presión por debajo de 1 MPa (10 bares), preferiblemente por debajo de 0,5 MPa (5 bares), más preferiblemente por debajo de 0,2 MPa (2 bares). Esta preforma se estira por medio de una barra de estiramiento. La preforma se estira a una velocidad superior a 1 m/s. Después, se aumenta la presión dentro de la preforma recalentada para hacer que las paredes de la preforma recalentada se expandan a la forma y dimensiones existentes dentro del molde de soplado.

Es difícil conseguir poliolefinas para el moldeo por soplado con estirado, como el polietileno de alta densidad, debido a las propiedades de endurecerse sin deformarse de la resina de poliolefina. Como estas resinas no permiten que se produzca la autocorrección del afinamiento de las paredes de la preforma durante la expansión (como con el tereftalato de polietileno), todo el control dinámico de la distribución del espesor de las paredes tiene que salir del proceso de recalentamiento y estirado.

Son importantes dos parámetros de control del proceso para minimizar la variación de la distribución del espesor de las paredes durante la expansión de la preforma:

1. Número de rotaciones del vástago delante de cada lámpara del horno por infrarrojos para exponer la preforma de forma uniforme a la radiación infrarroja; y

2. Mantener preferiblemente baja la presión de presoplado, preferiblemente por debajo de 0,5 MPa (5 bares), más preferiblemente por debajo de 0,2 MPa (2 bares), con máxima preferencia por debajo de 0,1 MPa (1 bar), para permitir que la barra de estiramiento desarrolle la mayor parte de la distribución inicial del espesor de las paredes (para el material que se endurece sin deformarse, el estiramiento es un proceso más fácil que el soplado para controlar el proceso de afinamiento de las paredes).

Al final del proceso de moldeo por soplado con estirado, se expulsa el recipiente terminado de la cavidad del molde de soplado.

Los recipientes de polietileno producidos según la presente invención tienen la cualidad de que su resistencia a una carga máxima está totalmente desarrollada inmediatamente después de la fabricación. Los recipientes de polipropileno fabricados por un proceso similar de moldeo por inyección-soplado con estirado, por otro lado, solo logran la resistencia a la carga máxima, de forma típica, 72 horas después de la fabricación, debido a los procesos complejos de recristalización que ocurren en el material del recipiente soplado. Por consiguiente, los recipientes de polietileno fabricados según la presente invención no requieren una manipulación cuidadosa después del soplado y se pueden fabricar a alta velocidad, pasando de los 600 recipientes por hora por molde.

Preferiblemente, el recipiente fabricado según la presente invención tiene un espesor mínimo de pared de recipiente de 200 micrómetros, y la relación de peso a volumen del recipiente vacío es inferior a 50 gramos por litro, preferiblemente inferior a 40 gramos por litro, y más preferiblemente inferior a 30 gramos por litro.

El recipiente de polietileno resultante producido por el proceso descrito en la invención presenta propiedades mecánicas mejoradas en comparación con un recipiente de polietileno fabricado por el proceso tradicional de moldeo por extrusión-soplado. Esto permite que las mejoras del módulo de flexión del material se traduzcan en mejoras de las propiedades mecánicas del recipiente.

También se mejoran otras propiedades del material por el proceso de moldeo por inyección-soplado con estirado. Los recipientes producidos según la invención tienen, en general, mejor resistencia al fisurado por tensión ambiental, mejor efecto barrera al vapor del agua y gases y mejores propiedades de transparencia de contacto.

Ejemplos

La Tabla I muestra la densidad, el índice de fluidez y la resistencia al fisurado por tensión ambiental de varias resinas de polietileno comerciales diferentes.

Tabla I

Proveedor	Grado	Tipo de grado	Densidad	MFI	ESCR ¹
Basell	6541	Moldeo por inyección	0,954	1,45	> 14 días
Basell	6031	Moldeo por soplado	0,960	0,3	> 14 días
Exxon	HYA 800	Moldeo por soplado	0,961	0,7	> 14 días
Chevron Phillips	Marlex 9708	Moldeo por inyección	0,962	8	< 6 días
Chevron Phillips	Marlex 9012	Moldeo por inyección	0,952	12	< 6 días
Chevron Phillips	Marlex 9018	Moldeo por inyección	0,952	18	< 6 días

¹ Resistencia al fisurado por tensión ambiental probada en botellas ISBM (moldeadas por inyección-soplado con estirado) precintadas llenas de detergente líquido a 49 °C (120 °F) con una carga máxima aplicada de 4,5 kgf (10 lb). La prueba de la resistencia al fisurado por tensión ambiental se llevó a cabo según la norma ISO 16770 de la Organización Internacional para la Estandarización.

La Tabla II ilustra la importancia del diseño de la preforma para lograr un recipiente con propiedades mejoradas. Se soplaron dos preformas con las paredes rectas y paralelas pero con diámetros de cuello distintos dentro del mismo molde utilizando condiciones del proceso idénticas. El recipiente que se sopló de una preforma con el diámetro de cuello más grande tiene mejores prestaciones como consecuencia de las relaciones de estiramiento radial y longitudinal que se encuentran dentro de las tolerancias recomendadas.

Tabla II

Basell Hostalen 6031	Relación de estiramiento radial	Relación de estiramiento longitudinal	Espesor de las paredes de la preforma (mm)	Recipiente soplado Carga máxima (N)
Acabado con cuello de 26 mm	3,55	1,97	3,25	174,5
Acabado con cuello de 33 mm	2,87	2,03	2,8	270
Objetivos HDPE	2,0 – 3,0	2,0 – 3,5	< 3,5 mm	> 200

La Tabla III muestra las temperaturas de la preforma después del recalentamiento en un horno por infrarrojos. Como se ha visto, en condiciones de laboratorio, la temperatura de la preforma era homogénea a +/- 1 °C antes de salir del horno. Puede ser que un intervalo tan ajustado no sea alcanzable en condiciones industriales pero cuanto más pequeña sea la variación de temperatura en la preforma, mejores serán los resultados.

Tabla III

	Temperatura* de la preforma (°C)
1. Basell Hostalen 6541 HDPE	123-124
2. Basell Hostalen 6031 HDPE	124-126
3. Exxon HYA800 HDPE	125-127
A. Basell Stretchene RP1903 PP	125-126
B. Basell Stretchene RP1685 PP	135-136

* La temperatura de la preforma es la temperatura medida en la preforma a la salida del horno.

La Tabla IV compara la carga máxima soportada con una deflexión de 4 mm de tres recipientes producidos por un proceso de moldeo por inyección-soplado con estirado recalentado con una preforma de 24,5 g, con respecto a un recipiente del mismo diseño pero producido con una preforma de 30 g por un proceso de moldeo por extrusión-soplado. Los valores de carga máxima son notablemente similares a pesar de una reducción del peso de 20% para el recipiente ISBM, que indica que el proceso de moldeo por soplado con estirado recalentado ha mejorado

ES 2 534 436 T3

de forma significativa las propiedades mecánicas del material. Estos valores excelentes de carga máxima se lograron utilizando una preforma con un acabado con cuello de 33 cm que permite una buena procesabilidad del HDPE sin ningún espesor de pared por debajo de 0,2 mm en ninguna parte del recipiente soplado.

5 Tabla IV

24,5 g cuello de 33 mm	Carga máxima media a 4 mm	Índice HPDE de EBM 30 g
Basell 6541	255	98
Basell 6031	270	103
Exxon HYA 800	262	100

10 La Tabla V proporciona una explicación mecanística de los valores de carga máxima superiores descritos en la Tabla IV. Como se muestra, el módulo de flexión de la resina en la botella producida por el proceso de moldeo por soplado con estirado recalentado se ha mejorado de forma significativa en comparación con la botella con idéntico diseño producida por un proceso de moldeo por extrusión-soplado (EBM). Mientras que el módulo de flexión del plástico en la botella EBM es inferior al mencionado en la hoja de especificación, el módulo de flexión del plástico en las botellas ISBM es superior al mencionado en las hojas de especificación de la resina, indicando un aumento neto de 60% y el 100% entre los procesos de EBM e ISBM.

15 Tabla V

Tipo de resina	Módulo de flexión Spec. de la resina Hoja (MPa)	Tecnología de soplado utilizada para soplar la botella	Módulo de flexión Botella soplada (MPa)	Índice
Basell 6541	1100	molde de soplado con estirado recalentado	1636	149
Basell 6031	1350	molde de soplado con estirado recalentado	1554	115
Exxon HYA 800	1050	molde de soplado con estirado recalentado	1470	140
Marlex HHM 5502	1380	EBM	995	71

20 La Tabla VI proporciona una explicación mecanística de los valores de carga máxima superiores descritos en la Tabla V. Como se muestra, los valores de resistencia a la conformación por tracción de la resina en la botella producida por el proceso de moldeo por soplado con estirado recalentado se han mejorado de forma significativa en comparación con la botella de diseño idéntico producida por el proceso de moldeo por extrusión-soplado (EBM).

25 Tabla VI

Tipo de resina	Resistencia a la conformación por tracción Spec. de la resina Hoja (MPa)	Tecnología de soplado utilizado para soplar la botella	Resistencia a la conformación por tracción Botella Soplada (MPa)	Índice
Basell 6541	22	molde de soplado con estirado recalentado	42	191
Basell 6031	30	molde de soplado con estirado recalentado	57	190
Exxon HYA 800	30	molde de soplado con estirado recalentado	57	190
Marlex HHM 5502	28	EBM	22	79

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para el moldeo por soplado de un recipiente de polietileno que comprende las etapas de:
 - 5 a) proporcionar una preforma sólida fabricada de un material de polietileno que tiene un índice de fluidez de 0,01 a 10,0 g/10 minutos, en donde la preforma comprende una región de cuello, paredes laterales y una región de base, y en donde las paredes laterales entre la región de cuello y la región de base tienen paredes exteriores rectas y paralelas.
 - 10 b) recalentar la preforma de manera que la diferencia de temperatura máxima entre las regiones más calientes y más frías de las paredes laterales y la región de base de la preforma recalentada sea inferior a 4 °C;
 - c) transferir la preforma recalentada a una cavidad de un molde de soplado; caracterizado por que el proceso además comprende las etapas de:
 - 15 d) estirar la preforma a una presión por debajo de 10 bares, en donde la preforma se estira mediante una barra de estiramiento a una velocidad superior a 1 m/s; y
 - 20 e) aumentar la presión dentro de la preforma recalentada, de tal manera que provoque que las paredes de la preforma estirada se expandan a la forma y las dimensiones existentes dentro de la cavidad del molde de soplado.
- 25 2. Un proceso según la reivindicación 1, en el que el material de polietileno es polietileno de alta densidad, teniendo preferiblemente una densidad de 0,941 a 0,960 g/cm³.
3. Un proceso según la reivindicación 1, en el que la preforma se forma en la etapa a) mediante un proceso seleccionado de moldeo por inyección, moldeo por extrusión-soplado y moldeo por compresión.
- 30 4. Un proceso según la reivindicación 1, en el que la preforma se recalienta en la etapa b), y en el que la diferencia de temperatura máxima entre las regiones más calientes y más frías de las paredes laterales y la región de base de la preforma recalentada es inferior a 2 °C.
- 35 5. Un recipiente de polietileno fabricado según el proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el espesor de pared mínimo del recipiente es 200 micrómetros y en el que la relación de peso a volumen del recipiente vacío es inferior a 50 gramos por litro.