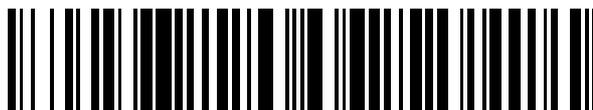


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 964**

51 Int. Cl.:

B32B 27/18 (2006.01)

B32B 27/32 (2006.01)

B32B 37/00 (2006.01)

C08J 3/22 (2006.01)

B32B 27/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.01.2016 PCT/CA2016/050051**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16115636**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2016 E 16739711 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3247559**

54 Título: **Revestimientos de geomembranas de polietileno de múltiples capas**

30 Prioridad:

23.01.2015 US 201562106886 P

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

26.05.2020

73 Titular/es:

SOLMAX INTERNATIONAL INC.. (100.0%)

2801 Marie-Victorin

Varenne, Québec J3X 1P7, CA

72 Inventor/es:

TAGHIZADEH, ATA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 762 964 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

Revestimientos de geomembranas de polietileno de múltiples capas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a revestimientos de geomembranas y, más en particular, a revestimientos de geomembranas de polietileno (PE) de múltiples capas, cada capa está fabricada de una mezcla madre específica, y para usar en condiciones no convencionales o aplicaciones en las que los revestimientos de grados de PE regulares pueden no resistir, tal como altas temperaturas.

Antecedentes de la invención

10 Debido a su capacidad para minimizar el flujo de advección y proporcionar una excelente barrera de difusión a los contaminantes inorgánicos, las geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE) se usan ampliamente como parte de sistemas de revestimiento base de compuestos en los vertederos modernos. Estos sistemas de revestimiento a menudo comprenden (de arriba a abajo) una capa de recogida de lixiviados de grava, una capa de protección geotextil, una geomembrana de HDPE de 1,5 o 2 mm de espesor, y, ya sea un revestimiento geosintético de arcilla (GCL) o un revestimiento de arcilla compactada. Las geomembranas de HDPE han demostrado tener una
15 buena resistencia química a la amplia gama de contaminantes que se encuentran en constituyentes lixiviados de vertedero. El comportamiento a largo plazo de las geomembranas en revestimientos de base de vertedero está controlado inicialmente por la tasa de extracción de antioxidantes. Este procedimiento implica la disolución o la reacción química de los antioxidantes en la superficie de la geomembrana y su difusión desde la estructura central a la superficie debido al gradiente de concentración. La pérdida de antioxidantes deja a la geomembrana vulnerable al segundo mecanismo de degradación principal de la degradación oxidativa (Rowe R. K. *et al.*; *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering* (ASCE) 1090-0241 (2008) 134:1 (68)).

20 Se han desarrollado geomembranas coextruidas de múltiples capas. La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.221.570 (Gokcen *et al.*) desvela geomembranas. La geomembrana consiste en tres o más capas poliméricas con capas exteriores que consisten en polietileno de alta densidad de al menos 0,930 g/cm³ y una capa de núcleo
25 interno de polietileno de muy baja densidad menor o igual que 0,920 g/cm³, que proporciona geomembranas que exhiben una mayor flexibilidad y facilidad de manipulación y soldadura que es superior tanto al polietileno de alta densidad como al polietileno de baja densidad.

30 Las altas temperaturas aceleran la degradación de los revestimientos. En la solicitud de Patente de los Estados Unidos Núm. US 2014/0364545 A1 (Prachoomdang *et al.*), se desvela un revestimiento específico de geomembrana de alta temperatura y una composición de mezcla madre. La composición de mezcla madre desvelada por Prachoomdang *et al.* está fabricada de aditivos muy específicos muy conocidos en la técnica tal como: antioxidantes (Irganox™ 1330; Irganox™ 1010; Irgafos™ 168), estabilizadores UV (amina impedida), neutralizador de ácido (hidrotalcita) y negro de carbón. Estos aditivos son muy conocidos para la fabricación de tubos a partir de poliolefina y resistentes a la degradación (véase, por ejemplo, la solicitud PCT Núm. WO 2008/040482 de Hastrand *et al.*); u
35 otros artículos de poliolefina tal como geomembranas (véase la patente de los Estados Unidos Núm. 6.774.170 B2 de Webster).

40 Un primer defecto de las geomembranas de la técnica anterior es el uso de neutralizadores de ácido añadidos a la formulación de PE debido al hecho de que las resinas de PE convencionales comprenden algunos residuos de ácido del procedimiento de síntesis, tal como en catalizadores de Zn-Na. Se ha descubierto que mediante el uso de polietileno catalizado de metaloceno de nueva generación, los residuos de ácido están ausentes y no hay ningún residuo de catalizador perjudicial en la resina final, por lo que no hay necesidad de añadir un aditivo adicional para neutralizarlo. Por lo tanto, se han desarrollado nuevas resinas basadas en PE de metaloceno para producir una nueva generación de revestimientos de geomembranas de múltiples capas.

45 Otro defecto de la técnica anterior por lo general es mitigado mediante el uso de diversos aditivos innecesarios que aumentan el costo de los productos.

Otro defecto es el uso de todos los aditivos en la totalidad del cuerpo de la geomembrana, debido a su estructura de capa única. Además, en algunas condiciones expuestas para este material, dado que el líquido o sólido de contacto tendrá altas temperaturas, la presencia de una fuente de calor de radiación adicional, es decir, la luz solar, no es favorable. Para disminuir el efecto de la luz solar, se prefiere la aplicación de pigmentos reflectantes.

Sumario de la invención

50 En la presente invención, se ha diseñado una nueva estructura de múltiples capas para abordar varios problemas conocidos en la técnica, tal como la degradación rápida de la membrana en condiciones no convencionales o aplicaciones en las que los revestimientos de grado de PE regulares de una capa no pueden soportar, tal como altas temperaturas de hasta 100 °C.

55 La invención se dirige en primer lugar a un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas

que comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, preferentemente con $N \geq 3$, cada capa está fabricada de:

5 una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, y una cantidad dada de una resina a base de PE de metaloceno; la resina a base de PE de metaloceno está libre de compuestos neutralizadores de ácido.

La invención también se dirige a un procedimiento para la fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de acuerdo con la reivindicación 11, el revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$; preferentemente con $N \geq 3$, el procedimiento comprende las etapas de:

10 a) mezclar una cantidad dada de una primera composición de mezcla madre de PE de una resina de PE y aditivos, la composición de mezcla madre de PE está libre de compuestos neutralizadores de ácido con un primer grado de resina a base de metaloceno PERT para formar una primera formulación de PE;
 b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
 c) coextrudir las N formulaciones de PE formadas en las etapas a) y b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas.

15 La invención además se refiere a un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado que comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, preferentemente con $N \geq 3$, cada capa está fabricada de:

20 una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, y una resina a base de metaloceno PE; la resina a base de PE de metaloceno está libre de compuestos de neutralizador de ácido;
 en el que al menos dos de las N capas comprenden aditivos específicos que son ya sea de diferente naturaleza o concentración con el fin de proporcionar un revestimiento de geomembrana que tiene al menos dos capas con diferentes propiedades de comportamiento.

25 La invención también se dirige a un procedimiento para la fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado, el revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, el procedimiento comprende las etapas de:

30 a) mezclar una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, con una cantidad dada de una resina a base de metaloceno polietileno de temperatura elevada (PERT) para formar una formulación de PE;
 b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
 c) coextrudir las N formulaciones de PE formadas en las etapas a) y b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas;

35 en el que al menos una de las N formulaciones de PE comprende al menos un aditivo específico que presenta una naturaleza y/o una concentración seleccionada en función de una utilidad final del revestimiento de geomembrana con el fin de personalizar el revestimiento de geomembrana.

La invención también se refiere a un sistema de contención revestido que comprende al menos un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado como se define en la presente memoria o fabricado mediante el uso de los procedimientos como se definen en la presente memoria.

40 De acuerdo con una realización preferente, la composición de mezcla madre que se desvela en la presente memoria se puede añadir a otros productos de poliolefinas para obtener alta resistencia para el envejecimiento en horno e inmersión líquida.

45 Los revestimientos de geomembranas producidos que comprenden los componentes mencionados con anterioridad se pueden usar en, pero no se limitan a, las aplicaciones no convencionales tal como vertederos de biorreactores, almacenamientos de líquido caliente, estanques de salmuera de gas de veta de carbón, estanques de aguas residuales geotérmicas, o similares.

50 El procedimiento desvelado en la presente memoria puede ser un procedimiento personalizado o modular para el suministro de revestimientos específicos de acuerdo con los requisitos específicos. La estructura adaptable del revestimiento de múltiples capas desvelado en la presente memoria permite al fabricante diseñar formulaciones localizadas en cada capa. Por ejemplo, en una estructura de 3 capas en la que las capas exteriores representan el 5% del espesor, la capa que no está en contacto con la fuente de calor no necesariamente requerida ser reforzada por aditivos de alto rendimiento y los aditivos regulares cumplen con los requisitos. También, como un ejemplo, la misma estructura permite la incorporación de los pigmentos reflectantes en la capa orientada a la luz solar y aún así mantener el costo en términos lo suficientemente razonables. Otras configuraciones se pueden proporcionar sin apartarse de la invención como se desvela en la presente memoria.

55 La mayoría de los ensayos de envejecimiento introducidos hasta la fecha para las geomembranas son

5 envejecimiento en un horno de circulación de aire caliente. Pero la mayoría de las veces, la fuente de calor en contacto con el revestimiento está en forma líquida. El comportamiento de la oxidación de las geomembranas en un medio gaseoso o líquido puede ser totalmente diferente. Se muestra que los antioxidantes se agotan más rápidamente en un medio líquido que en el aire debido a diversas razones (Véase, por ej., Sangan H. P. *et al.*, *Can. Geotech. J.*, 39: 1221 - 1230 (2002)). De acuerdo con una realización preferente, el revestimiento de geomembrana de PE de múltiples capas desvelado en la presente retiene 80% de su OIT de alta presión (ASTM 5885) después de 6 meses y 80% de sus propiedades mecánicas seleccionadas (ASTM D638) después de 6 meses de inmersión en un baño líquido a 80 °C (ASTM 5322 modificado).

10 Otros aspectos y ventajas adicionales de la presente invención se comprenderán mejor tras la lectura de las realizaciones ilustrativas a describir y diversas ventajas no contempladas en la presente memoria se les ocurrirán a los expertos en la técnica tras el empleo de la invención en la práctica.

Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros aspectos, características y ventajas de la invención serán evidentes con mayor facilidad a partir de la siguiente descripción, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

15 La Figura 1 es una ilustración esquemática de un revestimiento de geomembrana de múltiples capas de acuerdo con una realización preferente de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

20 Se describe a continuación un revestimiento de geomembrana de polietileno de múltiples capas novedoso para condiciones no convencionales. Si bien la invención se describe en términos de realizaciones ilustrativas específicas, se ha de comprender que las realizaciones descritas en la presente memoria son solamente a modo de ejemplo y que el ámbito de la invención no está destinado a ser limitado por las mismas.

La terminología usada en la presente memoria está de acuerdo con las definiciones que figuran a continuación.

25 Como se usa en la presente memoria, % o % en p. significa % en peso a menos que se indique lo contrario. Cuando se usa en la presente memoria, % se refiere a % en peso en comparación con el porcentaje en peso total de la fase o la composición que se está discutiendo.

"Aproximadamente" significa que el valor de % en peso, tiempo, pH o temperatura puede variar dentro de un cierto intervalo en función del margen de error del procedimiento o dispositivo usado para evaluar tal % en peso, tiempo, pH o temperatura. Por lo general se acepta un margen de error de 10%.

30 De acuerdo con una realización preferente, se desvela un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas (en adelante también denominado "revestimiento"). El revestimiento puede comprender al menos dos capas adyacentes, cada capa está fabricada de una composición de mezcla madre de PE diferente, cada mezcla madre de PE comprende al menos un aditivo que proporciona al menos una propiedad de comportamiento a la capa. Como se ilustra en la FIG. 1, el número de capas puede ser tres, pero la invención no se limita a un número específico de capas para la fabricación del revestimiento.

35 El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, más preferentemente N es igual o superior a 3. Cada capa está fabricada a partir de:

una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, y una cantidad dada de una resina a base de PE de metaloceno; la resina a base de PE de metaloceno está libre de compuestos neutralizadores de ácido.

40 De acuerdo con una realización preferente, al menos uno de dichos aditivos se selecciona para proporcionar al menos una propiedad de comportamiento específica al revestimiento. Al menos dos de las N capas pueden comprender aditivos de diferente naturaleza y/o concentración con el fin de proporcionar un revestimiento de geomembrana personalizado que tiene al menos dos capas con diferentes propiedades de comportamiento. Los ejemplos de aditivos y comportamientos específicos se presentan de aquí en adelante.

45 De acuerdo con una realización preferente, cada capa del revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas puede comprender:

➤ de 5% a 15% de la composición de mezcla madre de PE que comprende:

50 de aproximadamente 50 a aproximadamente 90% en peso de una resina de PE,
de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 4% en peso de un antioxidante fenólico, y
de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 3% en peso de un antioxidante de fosfito secundario;
de aproximadamente 0 a 5% en peso de al menos un estabilizador UV, y hasta 50% en peso de al menos un aditivo específico;

en la que los porcentajes en peso suman hasta 100% y están basados en el peso total de la composición de mezcla madre de PE; y

➤ de aproximadamente 85 a aproximadamente 95% de una composición de resina de base que comprende una resina a base de metaloceno polietileno de temperatura elevada (PERT) o su combinación con otros grados de PE;

5 en la que los porcentajes en peso suman hasta 100% y están basados en el peso total de la composición de geomembrana.

10 De acuerdo con una realización preferente, la resina de PE en la mezcla madre de PE puede tener una densidad de aproximadamente 0,910 a aproximadamente 0,960 g/cm³. Además, la resina de PE en la mezcla madre de PE se puede seleccionar del grupo que consiste en PE Lineal de Baja Densidad (LLDPE), PE de Baja Densidad (LDPE), PE de Media Densidad (MDPE) y PE de Alta Densidad (HDPE), de manera opcional dentro de una categoría de grado de metaloceno, y de manera opcional en la familia PERT. Se puede añadir un paquete de antioxidantes primarios y secundarios y algunos otros aditivos tal como negro de carbón o TiO₂ para el procedimiento y la estabilización a largo plazo.

15 De acuerdo con una realización preferente, la resina de matriz principal usada en esta invención es la resina a base de metaloceno polietileno de temperatura elevada (PERT). Las características moleculares específicas de esta categoría de polietileno les permiten mantener sus propiedades mecánicas a temperaturas tan altas como 100 °C.

20 De acuerdo con una realización preferente, se desvela la producción de geomembrana a partir de una resina de PE. Los componentes de cada capa del revestimiento (Fig. 1) pueden incluir una mezcla madre de diferentes aditivos además de la resina a base de PERT discutida en la que se añade la mezcla madre a la resina de polietileno en un procedimiento de extrusión.

25 De acuerdo con una realización preferente, la resina principal usada para la fabricación de revestimientos debe ser una resina categorizada como polietileno de temperatura elevada (PERT) tal como Daelim XP9000™ (Daelim, Corea del Sur), LG SP980™ (LG Chemicals, Corea del Sur), etc. Si bien en ciertas condiciones y en ciertas capas también se puede incorporar una mezcla de resina de PE regular. Evidentemente, el contenido de grado y la capa en la que esta mezcla se puede usar deben ser determinadas de una manera que no deteriore las propiedades mecánicas y térmicas mencionadas del producto final.

De acuerdo con una realización preferente, un paquete de estabilizador puede incluir cualquier combinación de uno o más de los componentes a continuación:

- 30 1) estabilizadores UV que funcionan como eliminadores de radicales libres en la familia de los Estabilizadores de Luz de Amina Impedida (HALS) (por ej., Chimmasorb 2020™ (BASF, Alemania));
- 2) antioxidantes que funcionan como inhibidores de la degradación termo-oxidativa en un amplio intervalo de temperatura para los estabilizadores térmicos de largo plazo en la familia fenólica impedida (por ej., Irganox 1010™ (BASF, Alemania), que es un antioxidante fenólico impedido estéricamente);
- 35 3) estabilizadores de procedimiento o térmicos que funcionan como inhibidores de la degradación termo-oxidativa durante el procedimiento de extrusión que comprenden un estabilizador de procesamiento de fosfito (por ej., Irgafos 168™ (BASF, Alemania)); y/o
- 4) negro de carbón como absorbente de UV en el que el negro de carbón es un negro de carbón de horno con un tamaño de partícula igual o inferior a N660; o
- 40 5) TiO₂ con un tamaño de partícula de 100 nm y superior.

De acuerdo con una realización preferente, todas las capas comprenden al menos uno de los aditivos mencionados con anterioridad.

45 La inclusión de todos los aditivos en todas las capas aumenta el costo final y hace que sea demasiado costoso para algunas aplicaciones determinadas. Para abordar este problema, de acuerdo con una realización preferente, sólo las capas más importantes que se encuentran en las proximidades de la fuente de calor están fortificadas por HALS de alto peso molecular y el resto de las capas solamente están protegidas por los antioxidantes convencionales tal como Irganox B225™ que es una combinación de Irganox 1010™ e Irgafos 168™.

50 El uso de negro de carbón en las condiciones expuestas provoca el aumento de la temperatura del revestimiento bajo el sol. El uso de TiO₂ en la capa externa ayuda a que el revestimiento retenga sus propiedades físico-termo-mecánicas durante tiempos más largos debido a sus propiedades de reflexión de la luz.

De acuerdo con una realización preferente, la composición del producto final es de aproximadamente 5 a aproximadamente 15% en peso de mezcla madre y aproximadamente 85 a aproximadamente 95% en peso de material de PERT de matriz principal o sus combinaciones en cada capa basado en el peso total del revestimiento de geomembrana.

55 De acuerdo con una realización preferente, la composición de mezcla madre de PE está libre de hidrotalcita como compuesto neutralizador de ácido.

De acuerdo con una realización preferente, el revestimiento puede ser laminado o coextruido con una subcapa, la subcapa está adaptada para que sea eléctricamente conductora por lo que, durante el uso, la integridad del revestimiento se controla de manera eléctrica. La subcapa puede revestir el revestimiento mediante el uso de negro de carbón.

5 De acuerdo con una realización preferente, también se desvela una formulación para la preparación de una geomembrana de polietileno de múltiples capas para diversas aplicaciones en las que cada capa comprende a) una mezcla madre; y b) una resina de polietileno base. Dicha composición comprende:

i) de aproximadamente 5 a 15% de una composición de mezcla madre que incluye todos o algunos de los siguientes componentes:

- 10 a. de aproximadamente 50 a 90% de una resina de polietileno (LLDPE, MDPE, HDPE, PERT) con una densidad de 0,910 a 0,960 g/cm³;
- b. de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 4% en peso de un antioxidante fenólico, en el que dicho antioxidante puede incluir pentaeritritol tetrakis(3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato);
- 15 c. de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 3% en peso de un fosfito secundario antioxidante tal como Tris(2,4-di-terc-butilfenil)fosfito;
- d. de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 5% en peso de un estabilizador UV de la familia de aminas impedidas de alto peso molecular (HALS), tal como 1,6-hexanodiamina, N,N'-bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil)-polímero con 2,4,6-tricloro-1,3,5-triazina, productos de reacción con N-butil-1-butanamina y N-butil-2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinamina; y
- 20 e. de aproximadamente 20 a 50% en peso de un negro de carbón, en el que dicho negro de carbón es un negro de carbón de horno; en el que los porcentajes en peso suman hasta 100% y están basados en el peso total de la composición de mezcla madre; y

ii) de aproximadamente 85 a 95% de una composición de resina base que comprende una resina base de polietileno de temperatura elevada (PERT) o su combinación con otros grados de PE, en la que los porcentajes en peso suman hasta 100% y están basados en el peso total de la composición de geomembrana.

25

Los revestimientos de geomembranas producidos que comprenden los componentes mencionados con anterioridad se pueden usar en, pero no se limitan a, aplicaciones no convencionales tal como vertederos de biorreactores, almacenamiento de líquido caliente, estanques de salmuera de gas de veta de carbón, estanques de aguas residuales geotérmicas, o similares.

30 Como se menciona con anterioridad, la invención también es un procedimiento para la fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas. El revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$; preferentemente $N \geq 3$. El procedimiento comprende al menos las siguientes etapas de:

- 35 a) mezclar una cantidad dada de una primera composición de mezcla madre de PE de una resina de PE y aditivos, la composición de mezcla madre de PE está libre de compuestos neutralizadores de ácido con un primer grado de resina a base de metaloceno PERT para formar una primera formulación de PE;
- b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
- c) coextrudir las N formulaciones de PE formadas en las etapas a) y b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas.

40 De acuerdo con una realización preferente, el procedimiento puede comprender además la etapa de laminación o coextrusión del revestimiento con una subcapa, la subcapa está adaptada para ser eléctricamente conductora por lo que, durante el uso, la integridad del revestimiento se controla de manera eléctrica. Preferentemente, la subcapa se puede formar al revestir el revestimiento mediante el uso de negro de carbón. Se pueden usar otros tipos de revestimientos conocidos en la técnica.

45 De manera adicional, de acuerdo con una realización preferente, los revestimientos de geomembranas de múltiples capas desvelados en la presente pueden también ser texturizados. La tecnología más ampliamente extendida para la fabricación de geomembranas texturizadas implica la coextrusión del polietileno en tres capas, en la que:

- en la capa central, el polímero se extruye en una manera similar que una geomembrana lisa, lo que da al material sus propiedades funcionales clave, tal como la estanqueidad o la baja permeabilidad al gas;
- 50 - en las capas externas, se extruye una mezcla de polietileno y nitrógeno. Cuando esta mezcla fundida sale de la matriz, el nitrógeno es expulsado fuera del polietileno, haciendo "burbujas" que van a crear la textura de la geomembrana a medida que se solidifican.

De acuerdo con una realización preferente, de este modo es posible controlar la altura de aspereza de la geomembrana (y por lo tanto las propiedades de fricción) en el momento de la fabricación mediante el control de diversos parámetros de extrusión tal como el porcentaje de nitrógeno en la mezcla o la temperatura del polímero/del aire en la proximidad de la matriz.

55

Como se menciona con anterioridad, la presente invención también se refiere a un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado. Por "personalizado", se entiende que el revestimiento final se puede adaptar al uso final que puede ser dictado por varias condiciones (la geografía, las condiciones meteorológicas, la naturaleza de los líquidos a ser retenidos por el revestimiento, etc.).

- 5 El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado de acuerdo con la invención comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$. Cada capa está fabricada de una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, y una cantidad dada de una resina a base de PE de metaloceno; la resina a base de PE de metaloceno está libre de compuestos neutralizadores de ácido. La composición de mezcla madre de PE comprende al menos un aditivo específico que
- 10 proporciona al menos una propiedad de comportamiento específica a la capa; en la que al menos dos de las N capas comprenden un aditivo específico diferente con el fin de proporcionar un revestimiento de geomembrana que tiene al menos dos capas con diferente propiedad de comportamiento.

También se desvela un procedimiento para la fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado. El revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, y el procedimiento comprende al menos las siguientes etapas de:

- 15 a) mezclar una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, con una cantidad dada de resina a base de metaloceno polietileno de temperatura elevada (PERT) para formar una formulación de PE;
- 20 b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
- c) coextrudir las N formulaciones de PE formadas en las etapas a) y b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas;

en el que al menos una de las N formulaciones de PE comprende al menos un aditivo específico que presenta una naturaleza y/o una concentración seleccionada en función de una utilidad final del revestimiento de geomembrana con el fin de personalizar el revestimiento de geomembrana.

- 25 De acuerdo con una realización preferente, $N \geq 3$ y al menos dos de las N capas comprenden diferentes aditivos específicos.

Los aparatos para las etapas de mezclado y extrusión son los conocidos en la técnica de fabricación de membranas coextruidas. También se entiende que las realizaciones preferentes que se detallan en la presente memoria con anterioridad se aplican para el revestimiento personalizado y para un procedimiento para la fabricación del mismo.

- 30 Los sistemas de contención revestidos que comprenden al menos un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado o no personalizado también son parte de la presente invención. Los diferentes revestimientos se ensamblan de acuerdo con técnicas conocidas en la técnica de los sistemas de contención revestidos.

Ejemplos

- 35 Se ilustra en la Figura 1 un ejemplo de una estructura de geomembrana de múltiples capas, en la que se desvelan tres capas diferentes identificadas como capas A, B y C, cada una de las capas puede tener un espesor diferente y diferentes formulaciones. En la Tabla 1 a continuación se mencionan diferentes intervalos de porcentajes de espesor, pero la invención no se puede limitar a ningún espesor de capa específica. También el espesor total de cada revestimiento de geomembrana de capas múltiples puede variar en función de su uso para aplicaciones no
- 40 convencionales.

- Los revestimientos de geomembranas desvelados en la presente memoria tienen un rendimiento de envejecimiento de baño de María durante 6 meses de inmersión a 80 °C de acuerdo con la norma ASTM D5322 (modificada) de manera tal que el 80% del valor de OIT de alta presión sea retenido de acuerdo con la norma ASTM D5885. La norma ASTM D5322 es la práctica estándar para el procedimiento de inmersión para la evaluación de la resistencia química de geosintéticos a los líquidos. Por "modificada", se entiende que el estándar se lleva a cabo mediante el
- 45 uso de agua en lugar de productos químicos. Los detalles de la norma ASTM D5322 están disponibles en <http://www.astm.org/Standards/D5322.htm>, cuyo contenido se incorpora como referencia en la presente memoria. Los revestimientos de geomembranas desvelados en la presente memoria también tienen un rendimiento de envejecimiento de baño de María durante 6 meses de inmersión a 80 °C de acuerdo con la norma ASTM D5322
- 50 (modificada) de manera tal que el 80% de las propiedades de tracción estén de acuerdo con la norma ASTM D638.

Ejemplo 1:

Los componentes a usar en las tres mezclas madre (véase la Tabla 1) para la geomembrana en la Figura 1 son los siguientes:

TABLA 1

Componentes de la mezcla madre	% en peso de la Capa C	% en peso de la Capa B	% en peso de la Capa A
Grado de metaloceno PE (LG Lucene™ SP980)	65,75	64,5	64,5
Negro de carbón N 550	31,25	31,25	0
TiO2 (Ti-Pure© por Dupont)	0	0	31,25
Irganox™ 1010	1,5	1,5	1,5
Irgafos 168	1,5	1,5	1,5
Chimmasorb 2020	0	1,25	1,25
Espesor (%)	1-10	80-98	1-10

TABLA 2

Componentes de la geomembrana	% en peso
Resina PERT (Daelim™ XP9020)	92
Fórmula de mezcla madre para cada capa	8

5

La combinación de cada mezcla madre de A, B y C de la Tabla 1 con una resina de PERT de acuerdo con las proporciones de la Tabla 2, seguido por la extrusión de la misma, da como resultado una geomembrana de tres capas de acuerdo con un ejemplo de la presente invención.

Ejemplo 2: Pruebas de inmersión en agua

10 En esta prueba, la geomembrana se preparó de acuerdo con la formulación de mezcla madre de la Tabla 1 y la composición de geomembrana de la Tabla 2 con Daelim™ XP9020 como la resina de PERT base (GMB-U).

15 Para el propósito de comparación, se preparó otra geomembrana comercial del mismo espesor (GMB-R) (geomembrana HD regular de Solmax basada en la norma GRI GM13). Ambas de estas geomembranas se sumergieron en un baño de agua a 80 °C (o 176 °F) de acuerdo con la norma ASTM D 5322 durante 180 días. Dado que la prueba HP_OIT es un indicador de los antioxidantes de protección necesarios para proteger la geomembrana durante su vida útil, el HPOIT (norma ASTM D5885-6) de estos productos se midió antes y después de este período. El porcentaje de retención de esta propiedad muestra la cantidad restante de los antioxidantes y aditivos estabilizadores de luz en la geomembrana (Tabla 3).

TABLA 3

Geomembrana	HPOIT inicial (min)	HPOIT después de 180 días (min) de envejecimiento en baño de María a 80 °C	% Retenido
GMB-T	1100	1045	95%
GMB-R	965	625	65%

20

25 En la mayoría de las aplicaciones de geomembranas, el revestimiento está en contacto con una fase líquida a diversas temperaturas. Dado que es sabido que el fenómeno del envejecimiento es diferente en el aire y en un medio líquido, esta prueba es de mayor valor para el cálculo real de la vida útil de las geomembranas que las pruebas de envejecimiento en horno de GRI-GM13 regulares. Actualmente, existen algunos procedimientos de ensayo complementarios, tal como EPA 9090, que están diseñados para probar la compatibilidad de los revestimientos en diferentes medios líquidos. La geomembrana de la invención demuestra una mejor retención en un medio líquido que las geomembranas convencionales.

Si bien las realizaciones ilustrativas y actualmente preferentes de la invención se han descrito en detalle con

anterioridad, se ha de comprender que los conceptos de la invención pueden de lo contrario estar representados y empleados diversamente y que las reivindicaciones adjuntas están destinadas a ser interpretadas para incluir tales variaciones, excepto en la medida en que estén limitadas por la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas a usar en temperaturas de hasta 100 °C y que comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, cada capa está fabricada de:
 - 5 una cantidad dada de una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, la mezcla madre de PE está libre de neutralizador de ácido, y
 - una cantidad dada de una resina a base de PE de metaloceno, la resina a base de PE de metaloceno es parte de la familia de Resina de Polietileno de Temperatura Elevada o PERT.
2. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de la reivindicación 1, en el que $N \geq 3$.
3. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de la reivindicación 1, en el que cada
 - 10 capa comprende:
 - de 5% a 15% de la composición de mezcla madre de PE que comprende:
 - 15 de aproximadamente 50 a aproximadamente 90% en peso de la resina de PE,
 - de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 4% en peso de un antioxidante fenólico,
 - de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 3% en peso de un antioxidante de fosfito secundario,
 - de aproximadamente 0 a 5% en peso de al menos un estabilizador UV, y
 - hasta 50% en peso de al menos un aditivo específico,
 - en el que los porcentajes en peso suman hasta 100% y están basados en el peso total de la composición de mezcla madre de PE; y
 - 20 ➤ de aproximadamente 85 a aproximadamente 95% de la resina a base de PE de metaloceno o su combinación con otros grados de PE,
 - en el que los porcentajes en peso de la composición de mezcla madre de PE y la resina a base de PE de metaloceno o su combinación con otros grados de PE juntas suman hasta 100% del peso total del revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas.
4. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de la reivindicación 3, en el que la
 - 25 resina de PE en la mezcla madre de PE tiene una densidad de 0,910 a 0,960 g/cm³.
5. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de la reivindicación 3 o 4, en el que la resina de PE en la mezcla madre de PE se selecciona del grupo que consiste en PE Lineal de Baja Densidad (LLDPE), PE de Baja Densidad (LDPE), PE de Media Densidad (MDPE) y PE de Alta Densidad (HDPE), de manera opcional dentro de una categoría de grado de metaloceno, y, de manera opcional, en la familia PERT.
6. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la resina a base de PE de metaloceno es una resina de Metaloceno - Polietileno de Media Densidad que tiene una densidad de aproximadamente 0,941 g/cm³ de acuerdo con el procedimiento de ensayo de la norma ASTM D1505, o una resina de Metaloceno - Polietileno de Media Densidad que tiene una densidad de aproximadamente 0,938 g/cm³ de acuerdo con el procedimiento de ensayo de la norma ASTM D1505.
7. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el estabilizador UV se selecciona de aminas impedidas de alto peso molecular (HALS).
8. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que el al menos un aditivo específico se selecciona de negro de carbón y partículas de TiO₂.
9. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la composición de mezcla madre de PE está libre de hidrotalcita.
10. El revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el revestimiento se lamina o se coextruye con una subcapa eléctricamente conductora.
11. Un procedimiento para la fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas a usar en temperaturas de hasta 100 °C, el revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, el procedimiento comprende las etapas de:
 - 45 a) mezclar una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, la composición de mezcla madre de PE está libre de compuestos neutralizadores de ácido, con una resina a base de PE de metaloceno, la resina a base de PE de metaloceno es parte de la familia de Resina de Polietileno de Temperatura Elevada o PERT para formar una primera formulación de PE;
 - 50 b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
 - c) coextrudir la primera formulación de PE formada en la etapa a) con las (N-1) formulaciones de PE

formadas en la etapa b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas.

12. Un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado a usar en temperaturas de hasta 100 °C y que comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, cada capa está fabricada de:

- 5 una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, la mezcla madre de PE está libre de neutralizador de ácido; y
una resina a base de PE de metaloceno, la resina a base de PE de metaloceno forma parte de la familia de Resina de Polietileno de Temperatura Elevada o PERT;
10 en el que al menos dos de las N capas comprenden aditivos específicos que son ya sea de diferente naturaleza o concentración con el fin de proporcionar un revestimiento de geomembrana que tiene al menos dos capas con diferentes propiedades de comportamiento.

13. Un procedimiento de fabricación de un revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas personalizado a usar en temperaturas de hasta 100 °C, el revestimiento comprende un número N de capas apiladas coextruidas con $N \geq 2$, el procedimiento comprende las etapas de:

- 15 a) mezclar una composición de mezcla madre de PE que comprende una resina de PE y aditivos, la mezcla madre de PE está libre de neutralizador de ácido, con una resina a base de metaloceno, la resina a base de metaloceno es parte de la familia de Resina de Polietileno de Temperatura Elevada o PERT, para formar una formulación de PE;
b) repetir la etapa a) (N-1) veces para formar (N-1) formulaciones de PE; y
20 c) coextrudir la primera formulación de PE formada en la etapa a) con las (N-1) formulaciones de PE formadas en la etapa b) para formar el revestimiento de geomembrana de polietileno (PE) de múltiples capas,

en el que al menos una de las (N-1) formulaciones de PE comprende al menos un aditivo específico que presenta una naturaleza y/o una concentración seleccionada en función de una utilidad final del revestimiento de geomembrana con el fin de personalizar el revestimiento de geomembrana.

- 25

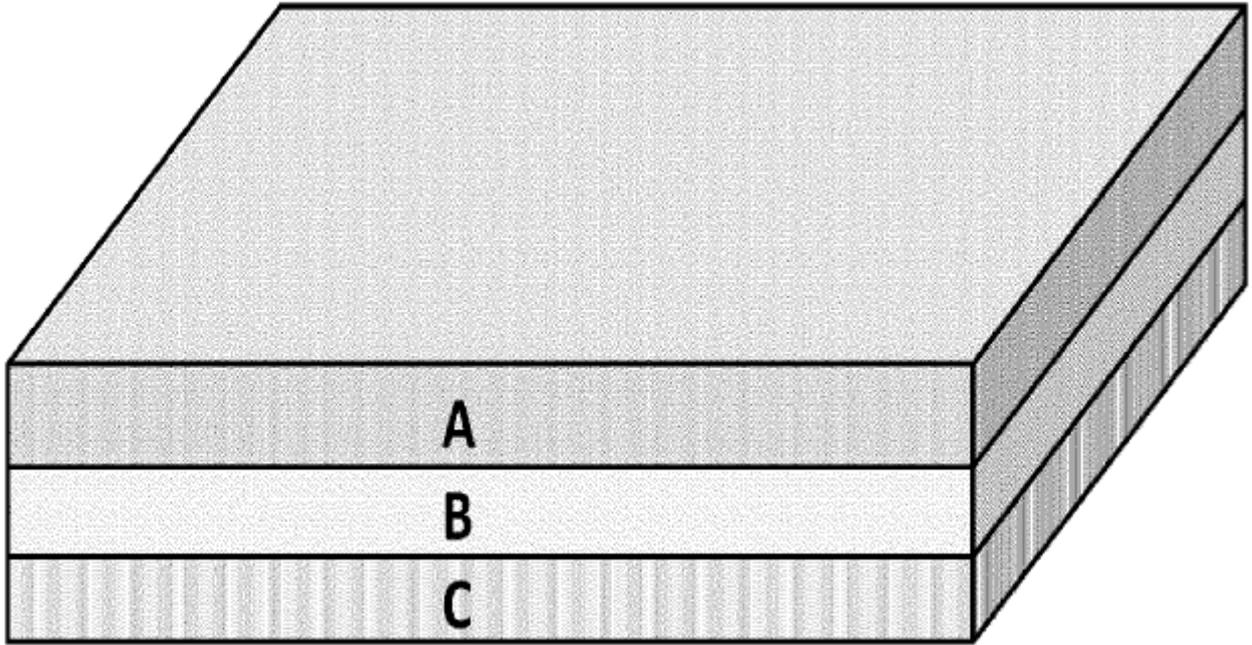


FIGURA 1