

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 941**

51 Int. Cl.:

H01B 3/44 (2006.01)

H01B 11/00 (2006.01)

C08K 5/092 (2006.01)

C08L 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2016 PCT/EP2016/079366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17102341**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2016 E 16805100 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3391386**

54 Título: **Cable que comprende una capa espumada que comprende un polímero de poliolefina y un agente expansor**

30 Prioridad:

18.12.2015 EP 15201209

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

12.05.2020

73 Titular/es:

**BOREALIS AG (100.0%)
Wagramer Strasse 17-19
1220 Vienna, AT**

72 Inventor/es:

**HJÄRTFORS, ANNA;
WANNERSKOG, ASA;
ANKER, MARTIN;
WATSON, ANN y
PRIETO, OSCAR**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 759 941 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

Cable que comprende una capa espumada que comprende un polímero de poliolefina y un agente expansor

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable que comprende un polímero de poliolefina y agente expansor en donde el agente expansor comprende más de 90 % en peso de ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico.

10

Antecedentes

Los cables de comunicación se usan para transmitir señales de alta frecuencia, bien a través de ondas electromagnéticas o como impulsos de luz como en cables de fibra óptica.

15

Los cables de comunicación eléctrica para teléfono y transmisión de datos normalmente son cables de par trenzado que es un tipo de cableado en el que dos conductores de un único circuito se trenzan juntos con el fin de neutralizar la interferencia electromagnética de fuentes externas. El ensamblaje de los cables de par trenzado implica pasar el conductor aislado a través de maquinaria y esto puede causar abrasión o deformación. El proceso de trenzado es extremadamente delicado, ya que la tensión de retorno afectará enormemente la estrechez y, por tanto, la separación de los conductores. El exceso de tensión durante el posterior revestimiento e instalación afectará igualmente la separación de conductores, en efecto un fenómeno de aplastamiento. Los parámetros clave que afectan el rendimiento de aplastamiento son la resistencia a la tracción y la dureza que se debe maximizar para lograr los resultados óptimos.

20

25

Otro tipo de cable de comunicación eléctrica es el cable de construcción coaxial. Los cables coaxiales se usan para la transmisión de señales de radio, TV por cable y datos. Los cables coaxiales consisten en dos conductores paralelos separados que se separan por un dieléctrico aislante.

30

Los conductores en los cables de comunicación son metal y el aislamiento se puede hacer de diferentes materiales, adecuadamente poliolefinas tales como polietileno. A medida que aumenta la frecuencia de la señal transmitida, se vuelve más importante la permitividad relativa del aislamiento. La permitividad relativa es una propiedad específica del material, y es más baja para el aire que para las poliolefinas, tales como polietileno. Espumando el aislamiento de la composición de poliolefina, se introduce gas y la permitividad relativa disminuye linealmente con el grado de expansión. La permitividad relativa también se conoce comúnmente como la constante dieléctrica, y se usan indistintamente estos términos.

35

40

La espumación de la composición de poliolefina se puede hacer o bien usando agentes expansores químicos o físicos, o una combinación de ambos. Los agentes químicos de soplado son sustancias que liberan gas de soplado mediante las reacciones de descomposición térmica y el agente químico de soplado se consume en la reacción de espumación. Los ejemplos de dichas sustancias son hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida, o los basados en combinaciones de ácidos orgánicos sólidos (o una sal metálica de los mismos) y carbonato(s) de metal alcalino o bicarbonato(s) de metal alcalino, tales como la combinación de ácido cítrico/derivado de ácido cítrico y bicarbonato sódico. Los agentes físicos de soplado son gases que se inyectan directamente en el fundido de polímero. En dichos procesos es común usar agentes químicos de soplado como nucleadores celulares, ya que el gas formado por la reacción del agente expansor sirve de puntos de nucleación con menor energía para la formación de burbujas. El gas usado como agente físico de soplado puede ser, por ejemplo, N₂ o CO₂. Se usan procesos de extrusión por espumación tanto químicos como físicos para la extrusión de aislamiento de cables de comunicación espumados. En la espumación química, todo el gas de soplado procede de la descomposición de un agente químico de soplado. La espumación química se puede usar para conseguir grados de expansión de hasta 50 %, y es el principal proceso de producción de monoconductores para cables de teléfono y cables de datos de baja velocidad de transmisión. Los grados típicos de espumación para estas aplicaciones son de aproximadamente 40 %. Este tipo de espumación no requiere caras inversiones en el equipo de inyección de gas, pero el proceso es muy dependiente de la temperatura del fundido. Si la temperatura es demasiado abaja, no se alcanzará el grado de expansión deseado. También es importante considerar otros factores que influyen en el proceso de espumación y la estructura de celdillas tales como el tamaño y la presión de las boquillas, el precalentamiento de conductores y la temperatura y posición del baño de refrigeración.

50

55

60

Durante la extrusión celular de los monoconductores espumados, el grado de expansión se calcula normalmente en línea por un ordenador de proceso. El ordenador obtiene la capacitancia, la velocidad de la línea, el diámetro externo del monoconductor y la temperatura en una zona de calentamiento en el extremo de la prensa extrusora como entradas en línea. La densidad y la constante dieléctrica del material de polímero sólido y el diámetro de conductor se alimentan como entrada en el ordenador de proceso. El grado de expansión también se puede calcular fuera de línea basándose en las ecuaciones 1 y 2 a continuación:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_{espuma}}{\ln\frac{D}{d}} \quad (1)$$

donde C es la capacitancia, ϵ_0 la permitividad relativa a vacío, ϵ_{espuma} la permitividad relativa del aislamiento espumado, D es el diámetro externo del aislamiento y d es el diámetro del conductor.

$$\epsilon_{espuma} = V_{gas} \epsilon_{gas} + V_{polimero} \epsilon_{polimero} \quad (2)$$

donde V_{gas} es la fracción en volumen de gas dentro de la espuma, ϵ_{gas} es la permitividad relativa de la fase gaseosa en la espuma, $\epsilon_{polimero}$ es la permitividad relativa de la composición de polímero y $V_{polimero}$ es la fracción en volumen de la composición de polímero en el aislamiento.

La Ecuación 1 describe la capacitancia de un cable, y la ecuación 2 describe la permitividad relativa del aislamiento espumado suponiendo una relación lineal entre la permitividad relativa y la cantidad de gas dentro del aislamiento. La fracción en volumen calculada de gas en el aislamiento, V_{gas} , se determina combinando las ecuaciones 1 y 2 y sustituyendo $V_{polimero}$ con $(1 - V_{gas})$. V_{gas} calculado se multiplica entonces por 100 para conseguir el porcentaje de expansión de la espuma, también denominado el grado de expansión.

Para cables de datos de alta velocidad de transmisión y cables coaxiales, los máximos grados de expansión posibles a alcanzar con la espumación química no son suficientemente altos. Estos tipos de cables se producen mejor usando espumación física, donde casi todo o la mayoría del gas de soplado procede de la inyección de gas directamente en la prensa extrusora. El gas de soplado puede ser N_2 o CO_2 . Normalmente se usa N_2 para cables de comunicación, pero con el CO_2 es posible conseguir grados de espumación incluso más altos, normalmente hasta 85 %. El grado de espumación varía mucho dependiendo del tipo de cable y la construcción. Normalmente se usa un agente de nucleación, nucleador, o activador, en procesos de espumación física. El agente de nucleación proporciona puntos en el aislamiento donde la energía necesaria para la formación de burbujas es más baja. Estos agentes de nucleación pueden ser o pasivos o activos. Un agente de nucleación activo es una sustancia que se descompone en productos gaseosos, es decir, un agente químico de soplado, mientras que los agentes de nucleación pasivos son partículas que solo proporcionan puntos locales de menor energía donde es más probable que ocurra la formación de burbujas.

En muchas aplicaciones de polímeros espumados, la mezcla madre de agente expansor se añade a la composición de polímero o por alimentación directa en la prensa extrusora o por mezcla en seco de la mezcla madre de agente expansor con la composición de polímero antes del proceso de extrusión. Dependiendo del tipo y la longitud de la prensa extrusora, esto puede dar como resultado la mala mezcla de la mezcla madre de agente expansor y la composición de polímero. Otros factores que influyen son las diferencias en la reología entre la composición de polímero y la mezcla madre de agente expansor, la velocidad de extrusión y la temperatura de extrusión. En los procesos de extrusión de cable, las prensas extrusoras normalmente no están diseñadas para mezclar composiciones de polímero y los cables de comunicación normalmente se extruyen a altas velocidades de la línea para tener una buena productividad. La mala mezcla de la mezcla madre de agente expansor y la composición de polímero da como resultado una mala estructura de celdillas ya que el gas y los nucleadores sólidos no se distribuyen uniformemente en la composición de polímero que conduce a nucleación desigual de burbujas y a crecimiento, así como a mayores áreas de material sólido sin células.

La distribución de agente expansor en la composición de polímero mejora por la mezcla del fundido con la mezcla madre de agente expansor en la composición de polímero por incorporación mediante mezclado antes del proceso de extrusión. Esto da como resultado estructura de celdillas mejorada, ya que el gas y las partículas sólidas que actúan de sitios de nucleación de burbujas se distribuyen mejor en el fundido de polímero de poliolefina.

Para cables de comunicación es crítico tener una buena estructura de celdillas dentro del aislamiento espumado para tener propiedades eléctricas isotrópicas. Se desea tener una estructura de celdillas con muchas celdillas pequeñas uniformemente distribuidas dentro del aislamiento. La estructura de celdillas también es importante para las propiedades mecánicas. El tener muchas celdillas pequeñas que estén bien distribuidas dará mejor resistencia al aplastamiento en comparación con una estructura con celdillas más grandes que no están homogéneamente distribuidas, ya que esto dará partes débiles en el aislamiento.

El principal agente expansor usado en la industria de los cables es la azodicarbonamida (ADCA), que tiene un intervalo de temperatura de descomposición que se ajusta bien en la ventana de procesamiento de poliolefinas, tales como polietileno, y da estructura de espuma fina, que es un requisito clave para aplicaciones en cables. Debido a la inclusión de ADCA en la lista de candidatos a REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas) y el riesgo de futura inclusión en la lista de autorización, se han hecho muchos esfuerzos por encontrar una solución alternativa. El motivo por el que la ADCA se ha identificado como SVHC (sustancia de muy alta preocupación) e incluida en la lista de candidatos es que se ha identificado como un sensibilizador respiratorio con casos conocidos de asma en trabajadores expuestos a ADCA en forma de polvo.

Otro problema con la azodicarbonamida es que se libera amoníaco de las reacciones de descomposición de agentes expansores. Esto está perturbando el entorno de trabajo para los fabricantes de cables, ya que da un mal olor.

5 Alternativas a la ADCA que son compatibles con la ventana de procesamiento de polietileno son los agentes expansores endotérmicos. Los agentes expansores endotérmicos son convencionalmente combinaciones de bicarbonato sódico y ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico. Estos agentes expansores normalmente se añaden directamente a la tolva de la prensa extrusora, o se mezclan secos con poliolefinas antes de la extrusión. En procesos de extrusión a alta velocidad como la extrusión de cables, esta forma de añadir el agente expansor no proporciona homogeneización suficiente del agente expansor en el fundido de polímero y esto da como resultado un aislamiento espumado con mala estructura de celdillas y mala superficie.

15 El principal problema con los agentes expansores endotérmicos para las aplicaciones en cables es que el bicarbonato sódico empieza a descomponer por debajo de 100 °C, con un máximo de la velocidad de reacción entre 130 y 140 °C, que, en general, se considera que está demasiado próxima a la temperatura de fusión del polietileno de alta densidad para permitir la incorporación mediante mezclado sin descomposición completa del agente expansor de bicarbonato sódico. Un objetivo de la invención es aumentar la ventana de proceso, es decir, permitir temperaturas de incorporación mediante mezclado más altas.

20 El agente expansor bicarbonato sódico descompone gradualmente en carbonato sódico, agua y dióxido de carbono. La reacción de descomposición es endotérmica y se requiere calor con el fin de que ocurra. La reacción empieza a ocurrir ya a temperaturas inferiores a 100 °C, pero la velocidad de reacción es muy lenta a esas temperaturas. La reacción aumenta rápidamente a medida que aumenta la temperatura con un máximo de la velocidad de reacción entre 130 °C y 140 °C, Hartman et al., Ind. Eng. Chem. Res. 2013, 52, 10619-10626. El polietileno de alta densidad normalmente tiene temperaturas de fusión de aproximadamente 130 °C, y, en general, se cree que no es posible la incorporación mediante mezclado de bicarbonato sódico en polietileno de alta densidad, ya que el punto de fusión del polímero es muy próximo a la máxima velocidad de descomposición del agente expansor de bicarbonato sódico.

25 El documento de patente WO 2014018768 proporciona composiciones de aditivo para los materiales de base de polímero con uso particular en aplicaciones donde se prefieren altas constantes dieléctricas, bajos factores de pérdida y bajas densidades, tales como en aplicaciones que implican materiales eléctricos de hilo y cable. Las composiciones de aditivo desveladas consisten en vehículo de polímero termoplástico, agente químico de soplado y carga.

30 Un objetivo de la invención es fabricar un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable, que comprende un agente expansor que está libre de hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida.

35 Otro objetivo de la invención es evitar la descomposición exotérmica del agente expansor donde el calor liberado de la reacción de descomposición empieza una reacción en cadena que causa que el agente expansor reaccione incontroladamente durante cualquier proceso de extrusión tal como incorporación mediante mezclado. Los agentes expansores endotérmicos son más fáciles de controlar, ya que se necesita suministro constante de calor para que la reacción continúe. Esto también permite un mejor control de la liberación de gas del agente expansor, especialmente durante procesos continuos tales como extrusión.

40 Aún es otro objetivo de la invención aumentar la temperatura de descomposición del agente expansor en la composición de polímero de poliolefina espumable, así se evita cualquier compuesto que comprenda bicarbonato sódico.

45 Es un objetivo adicional de la invención sustituir hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida, mientras se mantiene la misma estructura de celdillas (distribución pequeña y uniforme de celdillas), mientras se mantiene la velocidad de la línea, mientras se mantiene la procesabilidad, y con la misma salida de prensa extrusora de cable. Es otro objetivo de la invención la capacidad de usar prensas extrusoras de cable convencional, es decir, sin sustitución de equipo y sin modificación del presente equipo requerido en comparación con compuestos convencionales de hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida, tales como azodicarbonamida (ADCA). La temperatura de extrusión de la invención normalmente es más alta, pero todavía dentro de la ventana de proceso de prensas extrusoras de cable convencional. Es otro objetivo de la invención aumentar la ventana de proceso, que significa menos riesgo de degradación en la incorporación mediante mezclado, así mejor consistencia y mejor calidad. El uso de la invención significa que aumenta la diferencia entre la temperatura de descomposición del agente expansor y el punto de fusión de la composición de polímero de poliolefina espumable.

50 La temperatura de descomposición más alta permite mejor dispersión del agente expansor, agentes de nucleación y otros aditivos tales como antioxidantes en la composición de polímero de poliolefina espumable, permitiendo una entrada de energía más alta en la composición de polímero de poliolefina durante la mezcla sin riesgo de perder el agente expansor por comienzo de las reacciones de descomposición durante el proceso de mezcla.

55 Es un objetivo de la invención diseñar una mezcla que dé como resultado espuma homogénea que se puede extruir

a alta velocidad en cualquier prensa extrusora de cable con buena estructura de celdillas en la capa espumada en un cable. Otra ventaja del ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico es que durante la descomposición liberan CO₂ como el principal gas de soplado. El CO₂ tiene mejor solubilidad en la composición de polímero de poliolefina, en comparación con el N₂ que se libera de hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida.

Es otro objetivo de la invención una buena distribución de los sitios de nucleación de burbujas en la composición de polímero de poliolefina espumable.

Breve resumen de la invención

La invención es un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable que comprende

- a. un polímero de poliolefina
- b. un agente expansor

en donde el agente expansor comprende más de 90 % en peso de ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico.

La definición de poliolefina es un polímero con más de 50 % en peso de olefinas, tales como α -olefinas con 1 a 12 átomos de carbono, normalmente monómero de etileno o propileno. Composición de polímero de poliolefina significa que la composición comprende al menos 90 % en peso de poliolefinas.

El cable tiene al menos una capa y un conductor, que puede conducir una señal. Los conductores típicos son conductores metálicos.

Los ejemplos de ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico son ácido cítrico, sales de metales alcalinos de ácido cítrico, tales como citrato de mono-, di- o tri-sodio, y citrato de mono-, di- o tri-potasio y ésteres de ácido cítrico, tales como citrato de trietilo.

El ácido cítrico y los derivados de ácido cítrico descomponen en agua, dióxido de carbono y productos sólidos de descomposición. Las reacciones de descomposición son endotérmicas, que significa que se requiere un suministro continuo de energía térmica con el fin de que ocurran. La temperatura a la que ocurren las reacciones de descomposición a una velocidad rápida depende de la sustancia química (ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico), pero normalmente es aproximadamente 200 °C. Las temperaturas de descomposición de ácido cítrico y derivados de ácido cítrico están muy por encima de los puntos de fusión de los polímeros de poliolefina y así se pueden combinar en el polímero de poliolefina antes de la extrusión de cables sin descomposición previa en la etapa de mezcla.

Espumable significa que es posible producir al menos una capa en un cable de la composición que se espuma en, por ejemplo, un proceso de extrusión. La composición contiene los componentes necesarios para la espumación y no es necesario añadir nada antes de la etapa de procesamiento en la que se produce el artículo espumado. Sin embargo, es posible inyectar gas en la prensa extrusora para alcanzar mayores grados de expansión que con la espumación química pura donde todo el gas procede de las reacciones de descomposición del (de los) agente(s) de soplado.

El agente expansor es una sustancia que es capaz de producir una estructura de celdillas mediante un proceso de espumación en la composición de poliolefina espumable. Normalmente se aplican cuando se funde el polímero de poliolefina. La estructura de celdillas en la matriz de polímero reduce la densidad y la permitividad relativa de la composición de poliolefina espumable.

Una realización de la invención se refiere a un proceso de extrusión de la composición de polímero de poliolefina espumable según cualquier realización previa, en donde el fundido de polímero tiene una temperatura de extrusión de 200 a 260 °C. El ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico normalmente tiene mayores temperaturas de descomposición en comparación con la azodicarbonamida. La ventaja de la invención es una mayor ventana de proceso f, es decir, entre la temperatura de fusión del polímero de poliolefina espumable y la temperatura de descomposición del agente expansor.

Es de importancia una amplia ventana de procesamiento para la producción de una composición combinada de polímero de poliolefina espumable que comprende el agente químico de soplado. Durante el proceso de incorporación mediante mezclado, el objetivo es obtener una buena mezcla sin hacer reaccionar el agente expansor, ya que daría como resultado una capacidad de espumación reducida durante la extrusión de la capa de cable espumada, tal como la capa de aislamiento. Una ventana de producción aumentada permite más flexibilidad en los parámetros de proceso durante la incorporación mediante mezclado y reduce la cantidad de material de desecho que contiene agente expansor previamente reaccionado.

La invención también se refiere al uso de un agente expansor que comprende más de 90 % en peso de ácido cítrico

o derivado de ácido cítrico y está libre de hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida, para la producción de un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable que comprende al menos 90 % en peso de poliolefinas.

5 La invención en detalle

La invención se refiere a la composición de polímero de poliolefina espumable que comprende un agente expansor, que está libre de hidracina, hidrazida, o azodicarbonamida. En una realización más adecuada, el agente expansor también está libre de bicarbonatos, tal como bicarbonato sódico.

10 En una realización adicional de la invención, se extruye la composición de polímero de poliolefina espumable, adecuadamente en una prensa extrusora de cables, en donde se extruye la al menos una capa que comprende la composición de polímero de poliolefina espumable, adecuadamente en una prensa extrusora de cables.

15 En una realización de la invención, el agente expansor comprende más de 90 % en peso de ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico, adecuadamente más de 95 % en peso, o lo más adecuadamente el agente expansor consiste en ácido cítrico o un derivado de ácido cítrico. La ventaja de solo "un" agente expansor es un control incluso mejor del proceso de espumación ya que solo se tiene que tener en cuenta un intervalo de temperatura de descomposición durante el procesamiento, reduciendo la complejidad del proceso.

20 En una realización de la invención, la composición de polímero de poliolefina espumable comprende c. Un agente de nucleación.

El agente de nucleación es adecuadamente un agente de nucleación mineral.

25 El agente de nucleación mineral es normalmente un mineral con alta área superficial. La interfase entre el agente de nucleación mineral y el fundido de polímero de poliolefina servirá de sitios de nucleación para la formación de burbujas durante el proceso de espumación, ya que la energía requerida para la formación de burbujas es más baja en esta interfase que en el fundido de polímero a granel. El agente de nucleación mineral puede ser cualquier carga mineral, por ejemplo sílice, talco, carbonato cálcico, caolín, dolomita, zeolitas, mica, wollastonita o arcilla mineral.

30 La composición de polímero de poliolefina espumable tiene adecuadamente una MFR₅ medida a 140 °C de 0,3 a 20 g/10 min, adecuadamente 0,5 a 10 g/10 min. Este intervalo de MFR se prefiere desde una perspectiva de procesamiento, ya que una composición de polímero de menor MFR₅ sería muy viscosa y difícil de espumar. No se prefieren materiales de MFR demasiado alta, ya que la resistencia del fundido de la composición de polímero disminuye al aumentar MFR y es de importancia una buena resistencia del fundido para el proceso de espumación.

35 La densidad del polietileno se usa normalmente para la clasificación de diferentes tipos de polietileno - HDPE, MDPE, LLDPE, LDPE, VLDPE y ULDPE. La densidad del polietileno está directamente relacionada con la cristalinidad del material, y así el punto de fusión, ya que el punto de fusión se determina esencialmente por el espesor laminar de la fracción cristalina. El PE lineal puro con alta cristalinidad tiene una densidad de normalmente 960 a 970 kg/m³, es decir, aproximadamente 965 kg/m³ y el punto de fusión de normalmente 125 a 135 °C, es decir, aproximadamente 130 °C. Al disminuir la densidad del polietileno, se reduce el punto de fusión. Para polietileno de baja densidad altamente ramificado, el punto de fusión es normalmente de 105 a 115 °C, es decir, aproximadamente 110 °C, ya que la cristalinidad se perturba por la ramificación de cadena larga y corta en la estructura de cadena de LDPE.

En una realización, la composición de polímero de poliolefina espumable comprende al menos un LDPE.

40 Para espumar una composición de polímero de poliolefina, es necesario que la composición de polímero de poliolefina tenga una buena resistencia del fundido, ya que una resistencia del fundido demasiado mala da como resultado una estructura de celdillas colapsada que no es buena ni para propiedades mecánicas ni eléctricas de la capa de cable, normalmente la capa de aislamiento. La resistencia del fundido se puede mejorar mezclando un LDPE en la composición de polímero de poliolefina espumable para mejorar la resistencia del fundido y para garantizar una capa espumada con una estructura de celdillas cerradas y distribución homogénea de celdillas.

45 Adecuadamente, el LDPE tiene una MFR₂ de 0,1 a 15 g/10 min, adecuada 0,2 a 10 g/10 min. El LDPE es adecuadamente un homopolímero de LDPE, que significa que el LDPE comprende al menos 97 % en peso de monómero de etileno o más adecuadamente al menos 99 % en peso de monómeros de etileno. Se prefiere un homopolímero, ya que el principal motivo para añadir LDPE a la mezcla es mejorar la resistencia del fundido y esta propiedad surge de la estructura ramificada de cadena larga de LDPE y es independiente de los comonómeros.

50 El polímero de polietileno de baja densidad (LDPE) se polimeriza en un proceso de polimerización por radicales a alta presión, y es, por ejemplo, un copolímero de etileno con uno o más comonómeros. Además, el LDPE se polimeriza en un proceso de polimerización a alta presión en presencia de un iniciador(es) y opcionalmente agentes de transferencia de cadenas para controlar la MFR₂.

El LDPE se puede producir en, por ejemplo, un reactor de polimerización tubular, o en un reactor de polimerización en autoclave, adecuadamente un reactor de polimerización tubular.

5 Adicionalmente, la composición de polímero de poliolefina espumable puede comprender al menos un polietileno de alta densidad (HDPE). Adecuadamente, el HDPE tiene una densidad 930 a 965 kg/m³. Adecuadamente, el HDPE tiene una MFR₂ de 0,1 a 20 g/10 min, más adecuadamente 0,5 a 15 g/10 min. El HDPE es adecuadamente un homopolímero de HDPE, que significa que el HDPE comprende al menos 90 % en peso de monómero de etileno o más adecuadamente al menos 95 % en peso de monómero de etileno.

10 Para el polietileno espumado usado en cables de comunicación, son importantes tanto las propiedades eléctricas como las mecánicas. El HDPE tiene una constante dieléctrica más baja y factor de pérdida más bajo que el LDPE, así como mayor resistencia y dureza.

15 El polímero de polietileno de alta densidad (HDPE) se polimeriza en un proceso a presión, y es, por ejemplo, un homopolímero opcionalmente de HDPE o un copolímero opcionalmente de HDPE de etileno con uno o más comonómeros. Además, el HDPE se polimeriza en un proceso de polimerización a baja presión en presencia de un catalizador. El catalizador puede ser, por ejemplo, un catalizador de Phillips, un catalizador de metaloceno, o un catalizador de Ziegler-Natta. La polimerización puede ser, por ejemplo, o polimerización en fase gaseosa, polimerización en suspensión, o una combinación de polimerización en suspensión/polimerización en fase gaseosa, o polimerización en fase gaseosa/polimerización en fase gaseosa. La polimerización también puede ser polimerización en disolución.

20 La polimerización se puede realizar en un reactor o en varios reactores en serie, dando como resultado polietileno uni-, bi- o multimodal. Por la "modalidad" de un polímero se indica la estructura de la distribución de pesos moleculares del polímero, es decir, el aspecto de la curva que indica el número de moléculas en función del peso molecular. Si la curva presenta un máximo, el polímero se denomina "unimodal", mientras que si la curva presenta un máximo muy ancho o dos o más máximos y el polímero consiste en dos o más fracciones, el polímero se denomina "bimodal", "multimodal" etc. Por ejemplo, si un polímero se produce en un proceso secuencial de múltiples etapas, utilizando reactores acoplados en serie y usando diferentes condiciones en cada reactor, las fracciones de polímero producidas en los diferentes reactores tendrán cada una su propia distribución de pesos moleculares y peso molecular medio numérico. Cuando se registra la curva de distribución de pesos moleculares de dicho polímero, las curvas individuales de estas fracciones se superponen en la curva de distribución de pesos moleculares para el producto de polímero resultante total, normalmente dando una curva con dos o más máximos distintos.

25 En la producción de polietileno unimodal, se produce un polímero de etileno en un reactor en ciertas condiciones con respecto a la composición de monómero, presión de gas hidrógeno, temperatura, presión, etc. Como comonómero, comúnmente se hace uso de otras olefinas que tienen hasta 12 átomos de carbono, tales como α -olefinas que tienen 3-12 átomos de carbono, por ejemplo, propeno, buteno, 4-metil-1-penteno, hexeno, octeno, deceno, etc., en la copolimerización de etileno.

35 En la producción de, digamos, un polietileno bimodal, se produce un primer polímero de etileno en un primer reactor en ciertas condiciones con respecto a la composición de monómero, presión de gas hidrógeno, temperatura, presión, etc. Después de la polimerización en el primer reactor, la mezcla de reacción que incluye el polímero producido se alimenta a un segundo reactor, donde tiene lugar la polimerización adicional en otras condiciones. Normalmente, se produce un primer polímero de alta velocidad de flujo del fundido (peso molecular bajo) y con una adición moderada o pequeña de comonómero, o sin dicha adición en absoluto, en el primer reactor, mientras que en el segundo reactor se produce un segundo polímero de baja velocidad de flujo del fundido (peso molecular alto) y con una mayor adición de comonómero. Como comonómero, comúnmente se hace uso de otras olefinas que tienen hasta 12 átomos de carbono, tales como α -olefinas que tienen 3-12 átomos de carbono, por ejemplo propeno, buteno, 4-metil-1-penteno, hexeno, octeno, deceno, etc., en la copolimerización de etileno. El producto final resultante consiste en una mezcla íntima de los polímeros de los dos reactores, formando juntas las diferentes curvas de distribución de pesos moleculares de estos polímeros una curva de distribución de pesos moleculares que tiene un máximo ancho o dos máximos, es decir, el producto final es una mezcla de polímero bimodal.

40 La composición de polímero espumable puede ser una mezcla de al menos un HDPE y al menos un LDPE.

45 En una realización de la invención, la composición de polímero de poliolefina espumable comprende 5 a 80 en peso de LDPE y 20 a 95 % en peso de HDPE, adecuadamente 10 a 65 % en peso de LDPE y 35 a 90 % en peso de HDPE, y más adecuadamente 15 a 50 % en peso de LDPE y 50 a 85 % en peso de HDPE. Adecuadamente, todos los polímeros en la composición de polímero de poliolefina espumable solo comprenden polietileno.

50 La cantidad de la mezcla madre de agente expansor es adecuadamente desde 0,1 hasta 10 % en peso de la composición de polímero de poliolefina, más adecuadamente 0,2 a 7 % en peso, lo más adecuadamente 0,3 a 5 % en peso.

55 La incorporación mediante mezclado de la mezcla madre de agente expansor en las composiciones de polímero de

poliolefina da como resultado mejor distribución del agente expansor y posible agente de nucleación en comparación con mezclar en seco con la composición de poliolefina espumable antes de la extrusión o directamente añadir la mezcla madre de agente expansor en la tolva de la prensa extrusora. Esto contribuye a celdillas más uniformemente distribuidas y tamaño de celdillas más uniforme en el producto final, que es un requisito para buenos cables de comunicación.

La cantidad de estabilizadores es desde 0,01 % en peso hasta 10 % en peso de la composición de polímero de poliolefina espumable. Los estabilizadores son antioxidantes, estabilizadores metálicos y desactivadores metálicos. La cantidad de estabilizadores es adecuadamente desde 0,2 % en peso hasta 5 % en peso de la composición de polímero de poliolefina, más adecuadamente 0,4 a 2 % en peso.

El desactivador metálico puede ser, por ejemplo, N,N'-bis (3(3',5'-di-terc-butil-4'-hidroxifenil)propionil)hidracina, 2,2'-oxamido bis-(etil-3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato), oxalil bis(bencilidenedrazida), 2,5-bis(2-(3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionilamido)etilamino)benzoquinona, 2-terc-butil-4-tio(2'-metil-4'-hidroxi-5'-terc-butil)fenil-5-metil)fenilfosfito, 3-(N-saliciloil)amino-1,2,4-triazol, decametilen-dicarboxi-di-saliciloilhidrazida, benzotriazol, N,N-bis(2-etilhexil)-4-metil-1H-benzotriazol-1-metanamina, N,N-bis(2-etilhexil)-5-metil-1H-benzotriazol-1-metanamina, o anhídrido ftálico. El desactivador metálico también puede ser una combinación de más de un desactivador metálico.

La composición de polímero de poliolefina espumable comprende un agente químico de soplado, y puede contener aditivos tales como lubricantes y secuestrantes de ácido.

En una realización de la invención, la composición de polímero de poliolefina espumable se espuma. El grado de espumación es adecuadamente 30 a 90 %, más adecuadamente 35 a 80 %.

La invención también se refiere a una capa de aislamiento en el cable que comprende la composición de polímero de poliolefina espumable. Adecuadamente, es la capa de aislamiento en un cable de comunicación. Más adecuadamente, es el cable de comunicación un cable coaxial o un cable de datos, lo más adecuado un cable de datos. El cable comprende adecuadamente un conductor, adecuadamente un conductor de cobre, en el que la composición de polímero de poliolefina espumable comprende un estabilizador metálico. El espesor típico de una capa de aislamiento es desde 0,01 hasta 50 mm para cables coaxiales o de datos y adecuadamente 0,1 a 1 mm para cable de datos. En una realización más adecuada es la capa de aislamiento que comprende la composición de polímero de poliolefina espumable en contacto directo con un conductor de cobre y la composición de polímero de poliolefina espumable comprende un desactivador metálico y adecuadamente uno o más antioxidantes.

La invención también se refiere a un proceso de extrusión de la composición de polímero de poliolefina espumable según cualquier reivindicación previa, en donde el fundido de polímero de poliolefina tiene una temperatura de extrusión de 200 a 260 °C, adecuadamente 210 a 250 °C, más adecuada 220 a 240 °C.

La ventaja es la completa descomposición del agente expansor y que la composición de polímero de poliolefina espumable está completamente fundida. En una realización adecuada, es la composición de polímero de poliolefina espumable sola que comprende polietileno según las realizaciones anteriores tales como LDPE y HDPE.

Métodos de prueba

MFR

Se midió la velocidad de flujo del fundido MFR₂ según ISO 1133 a 190 °C y una carga de 2,16 kg.
Se midió la velocidad de flujo del fundido MFR₅ según ISO 1133 a 140 °C y una carga de 5 kg.

Densidad

El método para determinar la densidad es siguiendo ISO 17872-2 para la preparación de muestras y ISO 1183-1 / método A para la medición de densidad.

Extrusión de espuma

Se monitorizó en línea la espumación del aislamiento por un ordenador de proceso Zumbach con el software Cellmaster (7K7E2035b). El ordenador obtiene la capacitancia, velocidad de la línea, diámetro externo del monoconductor y temperatura en la zona de calentamiento de la prensa extrusora 4 como entradas en línea. La densidad y la constante dieléctrica del material de polímero sólido y el diámetro de conductor se alimentan como entrada en el ordenador de proceso. El sistema de control del ordenador usa juntos las mediciones de capacitancia y el diámetro externo en línea con el diámetro de conductor de entrada y la constante dieléctrica del polímero para calcular la expansión. El sistema puede ser ejecutado manualmente, donde un operario ajusta la línea según desee, y el ordenador de proceso se usa para leer y registrar los datos. También se puede ejecutar en modo de controlador automático, donde el sistema de control de proceso del ordenador guía la expansión (es decir, la capacitancia) hacia puntos fijos definidos. Si el sistema de control de proceso se está ejecutando en modo de controlador automático, principalmente guía la posición del baño de agua y en segundo lugar la velocidad de la línea.

Propiedades dieléctricas (valor de la tangente de la pérdida de dieléctrico ($\tan \delta$)):

1. Preparación de las placas:

Se han moldeado por compresión compuestos de polímero a 140 °C en un marco para dar placas de 4 mm de espesor, 80 mm de anchura y 80 mm de longitud. La presión se ha ajustado suficientemente alta para obtener una superficie lisa de las placas. Una inspección visual de las placas no mostró inclusiones, tales como aire atrapado o cualquier otra contaminación visible.

2. Caracterización de las placas para propiedades dieléctricas:

Para la medición de la constante dieléctrica y la tangente delta ($\tan \delta$) de los materiales, se ha usado un resonador post-dieléctrico de cavidad, junto con un analizador en red (Rohde and Schwarz ZVL6). La técnica mide la permitividad compleja del espécimen laminar dieléctrico (placas) en el intervalo de frecuencia desde 1 - 10 GHz. La prueba se realiza a 23 °C.

Se desarrolló el resonador post-dieléctrico de cavidad (SPDR) por Krupka y sus colaboradores [véase: J Krupka, R G Geyer, J Baker-Jarvis y J Ceremuga, 'Measurements of the complex permittivity of microwave circuit board substrates using a split dielectric resonator and re-entrant cavity techniques', Proceedings of the Conference on Dielectric Materials, Measurements and Applications - DMMA '96, Bath, R.U., publicado por IEE, Londres, 1996] y es una de las técnicas más fáciles y más convenientes de usar para medir propiedades dieléctricas de microondas.

Se disponen coaxialmente dos resonadores dieléctricos idénticos a lo largo del eje z de manera que exista un pequeño hueco laminar entre ellos en el que se puede disponer el espécimen a medir. Eligiendo materiales eléctricos adecuados, se puede hacer que la frecuencia resonante y el factor Q de SPDR sean estables a la temperatura. Una vez se caracteriza completamente un resonador, solo se necesitan medir tres parámetros para determinar la permitividad compleja del espécimen: su espesor y los cambios en la frecuencia resonante, Δf , y en el factor Q, ΔQ , obtenido cuando se pone en el resonador.

Se han preparado especímenes de 4 mm de espesor por moldeo por compresión como se ha descrito anteriormente y medido a una alta frecuencia de 1,9 GHz.

Una revisión completa del método se encuentra en J Krupka, R N Clarke, O C Rochard y A P Gregory, 'Split-Post Dielectric Resonator technique for precise measurements of laminar dielectric specimens - measurement uncertainties', Proceedings of the XIII Int. Conference MIKON'2000, Breslavia, Polonia, pp 305 - 308, 2000.

Materiales

HDPE: Un material de HDPE unimodal producido con un catalizador de Phillips con densidad 946 kg/m³ y MFR₂ (2,16 kg y 190 °C) de 0,95 g/10 min.

LDPE: Un LDPE de homopolímero tubular con densidad 923 kg/m³ y MFR₂ (2,16 kg y 190 °C) de 0,75 g/10 min. Esta calidad está comercialmente disponible de Borealis AG con el nombre de calidad FT5230.

HE1345: Un compuesto de polietileno de alta densidad comercialmente disponible de Borealis AG para monoconductores espumados químicos. Contiene el agente expansor azodicarbonamida activado con sílice. La MFR₅ (5 kg y 140 °C) de esta calidad es 1,1 g/10 min.

Tracel® PO 4207: Una mezcla madre endotérmica de agente expansor comercialmente disponible de Tramaco GmbH que contiene una mezcla de los agentes expansores bicarbonato sódico y derivado de ácido cítrico y en el que la cantidad de derivado de ácido cítrico es inferior a 75 % en peso de los agentes expansores añadidos. La mezcla madre comprende además un agente de nucleación que comprende un agente de nucleación mineral.

Tracel® PO 2217: Una mezcla madre endotérmica de agente expansor comercialmente disponible de Tramaco GmbH que contiene un derivado de ácido cítrico y en el que la cantidad del derivado de ácido cítrico es 100 % en peso de los agentes expansores añadidos. La mezcla madre comprende además un agente de nucleación que comprende un agente de nucleación mineral.

Pentaeritritil-tetraquis(3-(3',5'-di-terc-butil-4-hidroxifenil)-propionato): Antioxidante comercialmente disponible de BASF GmbH con el nombre de calidad Irganox 1010 (CAS N°: 6683-19-8).

N,N'-bis(3(3'5'-di-terc-butil-4'-hidroxifenil)propionil)hidracina: Desactivador metálico comercialmente disponible de BASF GmbH con el nombre de calidad Irganox MD 1024 (CAS N°: 32687-78-8).

Preparación de los ejemplos

Mezcla de materiales

- 5 Se preparó la mezcla inventiva 1 mezclando en una Farrel F270, que es un tipo Banbury de mezcladora. Conjuntos de 185 kg estuvieron en la mezcladora durante 2-3 minutos hasta que alcanzaron la temperatura del fundido a aproximadamente 155 °C. La entrada específica de energía durante la mezcla fue 155-165 kWh/ton y los rotores de mezcla se enfriaron hasta 30 °C. Se limitó la presión de martinete a 5 bares y el martinete se levantó dos veces durante el proceso de mezclado, una vez después de 45 segundos de mezcla y una segunda vez después de 90 segundos. El material se dejó caer después del proceso de mezcla en una prensa extrusora de 15 pulgadas (38,1 cm) de Pomini Farrel con zonas de calentamiento neutro y enfriamiento por husillo a 25 °C. Después de abandonar la boquilla de la prensa extrusora, el material se cortó en forma de pella con temperatura del agua de pellas de 50 °C y velocidad de la cuchilla de pellas de 1200 rpm.
- 10
- 15 Se produjo la mezcla comparativa 2 de la misma forma, con la excepción de que SEI era 143 kWh/ton, la limitación de la presión de martinete fue 4 bares y el martinete se levantó tres veces durante el proceso de mezcla: después de 35, 90 y 120 segundos.

Extrusión de monoconductores

- 20 Se usaron pellas de polímero de los materiales de mezcla en la Tabla 1 para preparar muestras de monoconductores, como se muestra en la Tabla 2, en una línea de cable piloto con una prensa extrusora Nokia-Maillefer de 60 mm. El cilindro de la prensa extrusora tiene cinco zonas de temperatura y la cabeza de la prensa extrusora tiene tres zonas. El husillo de la prensa extrusora era un husillo de barrera del diseño Elise de Maillefer. El tamaño de boquilla era 0,94 mm y el diámetro externo de las muestras de monoconductores en los ejemplos se mantuvo manualmente a 0,98 mm. El diámetro del conductor de cobre sólido era 0,50 mm. La velocidad de la línea era 500 m/min. La densidad del material sólido es 945 kg/m³ y la constante dieléctrica es 2,33. Se monitorizó en línea la espumación del aislamiento usando un sistema de control de proceso CDR Zumbach estándar con mediciones en línea de la capacitancia y diámetro externo del monoconductor. La Tabla 2 da una visión general de los ejemplos producidos en el proceso de extrusión descrito anteriormente.
- 25
- 30

Análisis de microscopía de secciones transversales de aislamiento

- 35 Se examinaron por microscopía las estructuras de celdillas en el aislamiento de los ejemplos en la Tabla 2 en finas rebanadas de las secciones transversales de aislamiento. Se prepararon las muestras para la microscopía retirando primero el conductor tomando aproximadamente 0,5-1 m de la muestra de monoconductor extruída y pelando el aislamiento de los extremos más lejanos de la longitud de cable para exponer el conductor. Se montó el conductor desnudo en un extremo de la muestra de monoconductor en un tornillo de banco y se estiró el conductor desnudo en el otro extremo usando un par de tenazas. El estiramiento del conductor provoca que se desprenda el aislamiento del conductor facilitando sacar el conductor sin dañar el aislamiento. Se tomó una pequeña sección del centro de la longitud del aislamiento tubular y se puso en un instrumento de corte de cable en el que se cortaron finas rebanadas de aproximadamente 60 µm de aislamiento y se dispusieron entre dos portaobjetos de microscopio. Entonces se estudió la estructura de celdillas en las secciones transversales de aislamiento en un microscopio (Leica M205 C, Leica Microsystems) y se tomaron imágenes micrográficas usando una cámara de microscopio digital (Leica DFC450, Leica Microsystems). Las micrografías de las secciones transversales de aislamiento de los ejemplos se pueden encontrar en la Figura 1 (EC1), Figura 2 (EC2), Figura 3 (EC3), Figura 4 (EI1) y Figura 5 (EI2). Se examinaron cinco cortes de cada muestra de monoconductor. La estructura de celdillas normalmente parece muy similar en las cinco micrografías de la misma muestra y solo se ha seleccionado una micrografía por muestra para presentar en la presente solicitud de patente. En caso de que hubiera grandes desviaciones entre las cinco micrografías de la misma muestra, se recomienda preparar nuevas muestras de microscopía y repetir el análisis de microscopía.
- 40
- 45
- 50

Ejemplos

55 Tabla 1, Mezclas usadas en los ejemplos

Material	HE1345 Comparativo	Mezcla comparativa 2	Mezcla inventiva 1
	[% en peso]	[% en peso]	[% en peso]
HE1345	100		
HDPE		82,2	82,2
LDPE		14,8	13,4
Pentaeritritiltetraquis(3-(3',5'-di-terc-butil-4-hidroxifenil)-propionato		0,34	0,34

(continuación)

Material	HE1345 Comparativo	Mezcla comparativa 2	Mezcla inventiva 1
	[% en peso]	[% en peso]	[% en peso]
N,N'-bis(3(3'5'-di-terc-Butil-4'-hidroxifenil)propionil)hidracina		0,56	0,56
Tracel PO 4207		2,1	
Tracel PO 2217			3,5
MFR ₅ medida a 140 °C	1,1	1,0	1,0

Tabla 2, Ejemplos preparados a partir de las mezclas en la Tabla 1.

Ejemplo	Material de aislamiento	Expansión de aislamiento (%)	Perfil de temperatura Z1/Z2/Z3/Z4/Z5//H1/H2/H3 (°C)
EC1	HE1345 Comparativo	39	153/174/189/198/198//198/198/198
EC2	Mezcla comparativa 2	41	153/174/187/217/215//200/200/200
EC3	Mezcla comparativa 2	39	153/174/205/220/198//195/195/195
EI1	Mezcla inventiva 1	41	153/174/187/230/200//198/198/198
EI2	Mezcla inventiva 1	41	153/174/210/233/198//195/195/195

5 Cada material de aislamiento da aproximadamente el mismo grado de expansión. Sorprendentemente, EI1 y EI2 dan estructura de celdillas más uniformemente distribuida y más fina que EC2 y EC3. Además, EI1 y EI2 dan estructura de celdillas que es comparable a la de EC1.

10 El factor de pérdida eléctrica se ha medido en HE1345 Comparativo y la mezcla inventiva 1. Ambos materiales se moldearon por compresión a la temperatura de espumación (140 °C) y se convirtieron en placas no espumadas. Las placas se sometieron a la medición de factor de pérdida a 1,9 GHz (tan δ).

Tabla 3, Propiedades eléctricas antes de la espumación

Material de aislamiento	Factor de pérdida (1x10 ⁻⁶) a 1,9 GHz
HE1345 Comparativo	412
Mezcla inventiva 1	346

15 La mezcla inventiva 1 proporciona valores más bajos del factor de pérdida en comparación con HE1345 comparativo antes de la espumación, que significa que este factor de pérdida más bajo inicial antes de la espumación refleja mejores propiedades eléctricas de las resinas de base contenidas en la composición inventiva. Por tanto, esto es un buen punto de partida para lograr transmisión de datos más alta una vez se ha espumado el cable.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable, que comprende
- a. un polímero de poliolefina
 - b. un agente expansor
- 10 en donde el agente expansor comprende más del 90 % en peso de ácido cítrico o de un derivado de ácido cítrico y la composición comprende al menos el 90 % en peso de poliolefinas.
- 15 2. El cable según la reivindicación 1, en donde el agente expansor está libre de hidracina, hidrazida o azodicarbonamida.
- 20 3. El cable según las reivindicaciones 1 o 2, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable comprende además
- c. Un agente de nucleación.
- 25 4. El cable según la reivindicación 3, en donde el agente de nucleación comprende un agente de nucleación mineral.
5. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable comprende al menos un LDPE.
- 30 6. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable comprende al menos un HDPE.
7. El cable según las reivindicaciones 5 y 6, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable comprende del 5 al 80 % en peso de LDPE y del 20 al 95 % en peso de HDPE.
- 35 8. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la cantidad de la mezcla madre de agente expansor es desde el 0,1 % en peso hasta el 10 % en peso de la composición de polímero de poliolefina espumable.
9. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable comprende además uno o más estabilizadores en una cantidad desde el 0,01 % en peso hasta el 10 % en peso de la composición de polímero de poliolefina espumable.
- 40 10. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la composición de polímero de poliolefina espumable está espumada.
- 45 11. El cable según cualquier reivindicación anterior, en donde la capa es una capa de aislamiento.
12. El cable según la reivindicación 11, en donde el cable es un cable de comunicación.
- 50 13. El cable según la reivindicación 12, en donde el cable es un cable de comunicación de datos.
14. Proceso de extrusión de la composición de polímero de poliolefina espumable según cualquier reivindicación anterior, en donde el fundido de polímero tiene una temperatura de extrusión de 200 a 260 °C.
15. El uso de un agente expansor que comprende más del 90 % en peso de ácido cítrico o derivado de ácido cítrico y está libre de hidracina, hidrazida o azodicarbonamida, para la producción de un cable que comprende al menos una capa que comprende una composición de polímero de poliolefina espumable que comprende al menos el 90 % en peso de poliolefinas.

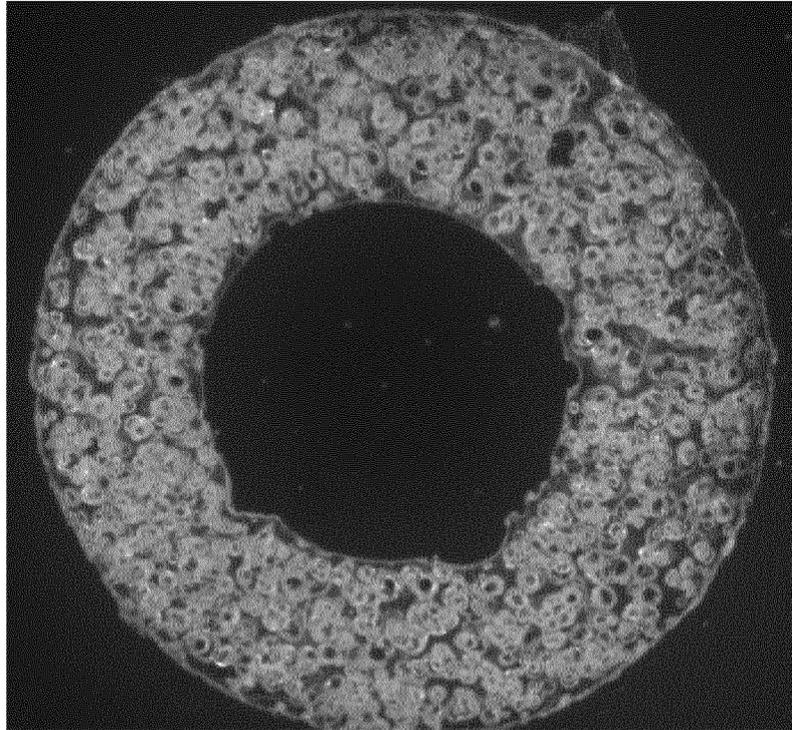


Figura 1 Ejemplo comparativo 1 (EC1)

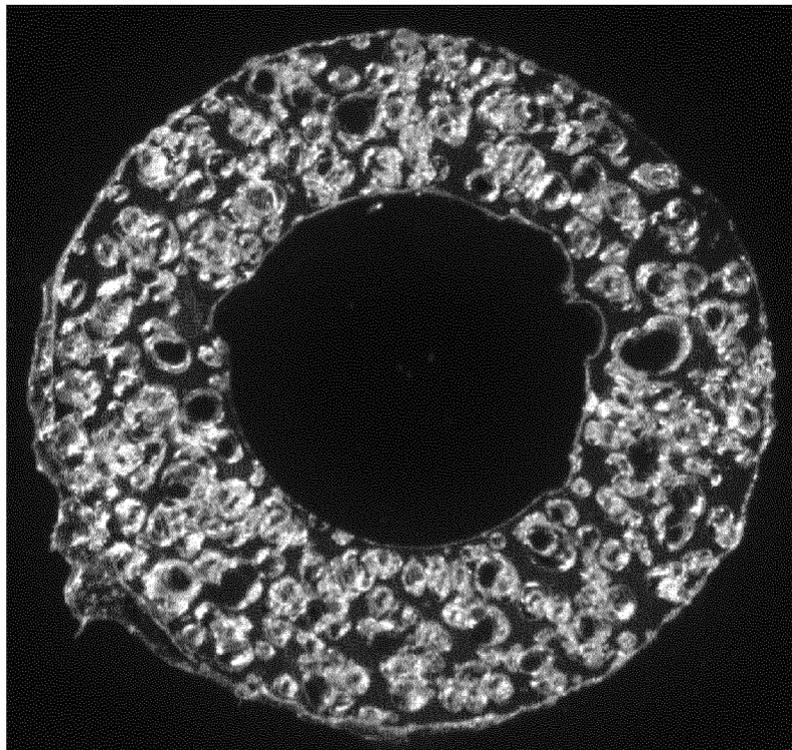


Figura 2 Ejemplo comparativo 2 (EC2).

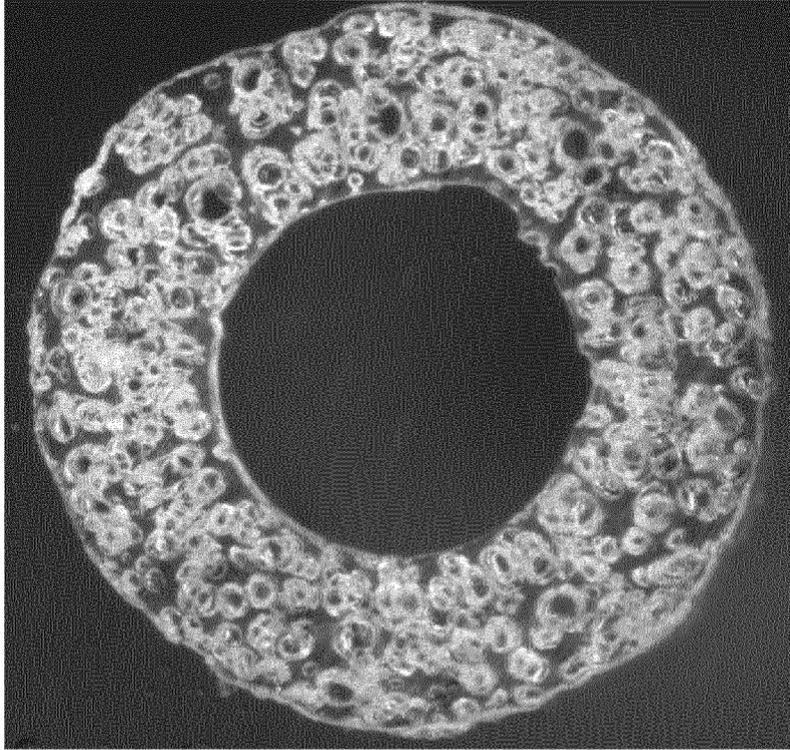


Figura 3 Ejemplo comparativo 3 (EC3).

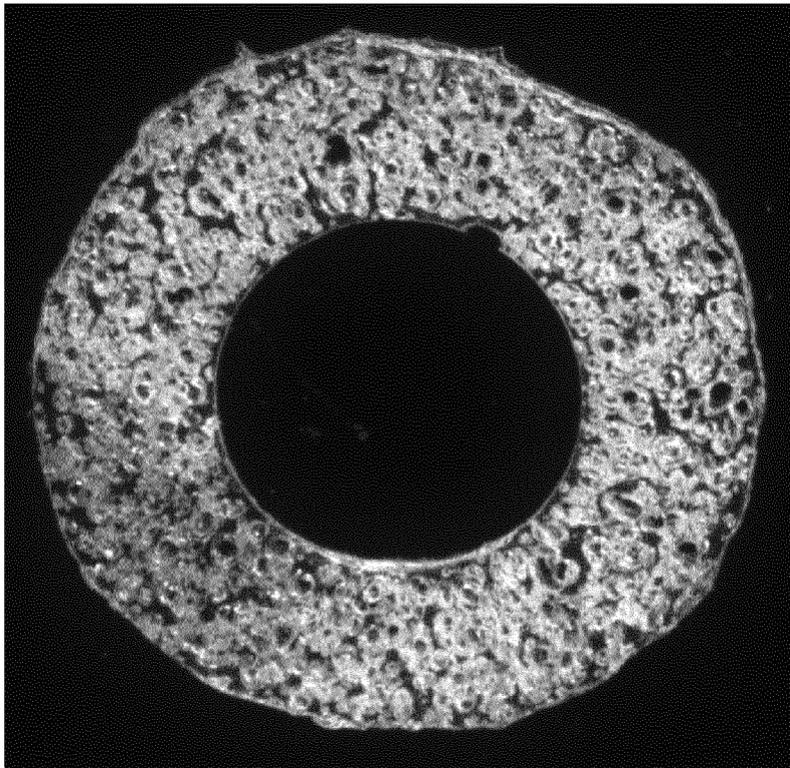


Figura 4 Ejemplo inventivo 1 (EI1).

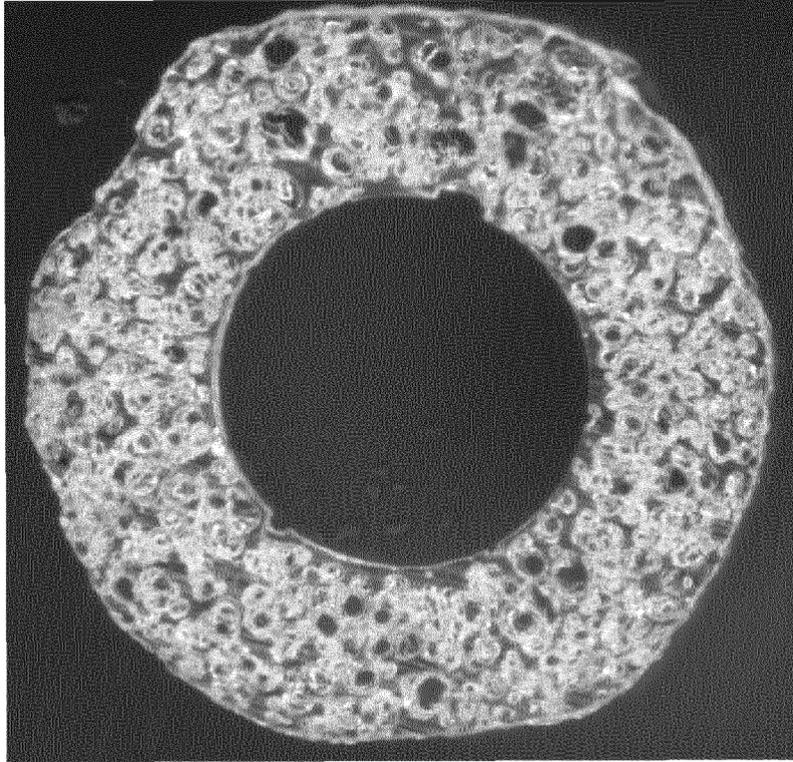


Figura 5 Ejemplo inventivo 2 (EI2).