

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 523**

51 Int. Cl.:

C08L 23/04 (2006.01)

C08L 23/06 (2006.01)

C08L 23/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2009 PCT/EP2009/063286**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10049263**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2009 E 09783957 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2351050**

54 Título: **Cable y composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal**

30 Prioridad:

31.10.2008 EP 08168049

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

29.11.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JUNQVIST, JONAS;
EKLIND, HANS;
SULTAN, BERNT-ÅKE;
NORD-VARHAUG, KATRIN y
WALTER, PHILIPP**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 733 523 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 y composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un cable que comprende un conductor rodeado por una o más capas, en donde al menos una capa es una capa de encamisado que comprende una composición de polímero multimodal que comprende un copolímero de etileno, a un proceso de preparación del mismo, a una composición de polímero que

10 comprende un copolímero de etileno multimodal, así como a un uso del mismo para producir una capa de cable.

Técnica anterior

Un cable eléctrico típico comprende generalmente un conductor que se rodea por una o más capas dependiendo del área de aplicación. Por ejemplo, el cable de alimentación tiene varias capas de materiales poliméricos que incluyen una capa semiconductor interna, seguida por una capa aislante, y luego una capa semiconductor externa. A estas capas se pueden añadir una o más capa(s) auxiliar(es) adicional(es). La capa polimérica protectora externa se conoce, entre otros, como una capa de encamisado. Cualquiera de las capas se puede reticular como es bien conocido en el campo.

15

Uno de los objetivos en el desarrollo de polímeros, entre otros, el polímero de polietileno (PE), ha sido combinar, entre otros, la alta flexibilidad mientras se mantienen otras propiedades mecánicas útiles. Por ejemplo, las propiedades mecánicas deseadas en aplicaciones de hilo y cable (H y C), por ejemplo en aplicaciones de capas de encamisado de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), incluyen, entre otros, resistencia a la abrasión.

20

Además, se desea la combinación de una alta temperatura de distorsión térmica (HDT) y una alta flexibilidad para polímeros, tales como LLDPE, por ejemplo, cuando se usan, por ejemplo, en capas de cable, tales como en la capa de encamisado. Sin embargo, en general, una mayor flexibilidad da normalmente como resultado una menor temperatura de distorsión térmica.

25

El PE multimodal proporciona una forma de confeccionar las propiedades del polímero. Además, por ejemplo, el catalizador de sitio único (SSC) ofrece una incorporación controlada de comonómeros que proporciona un medio adicional para confeccionar el polímero. Sin embargo, uno de los principales problemas del PE producido usando SSC es frecuentemente la procesabilidad de los polímeros.

30

Existe una necesidad continua en el campo de los polímeros de encontrar polímeros que sean adecuados para aplicaciones exigentes de polímeros, particularmente para aplicaciones de H y C, donde los materiales de cable deben cumplir altos requisitos y rigurosas normativas de las autoridades.

35

Objetos de la invención

Uno de los objetos de la presente invención es proporcionar un cable alternativo con una o más capa(s) en donde al menos una capa contiene una composición de polímero de polietileno con propiedades mecánicas mejoradas. Preferentemente, la composición de polímero de polietileno también es factible para procesar, que incluye, entre otros, factible para extruir y para formar una o más capa(s) de cable, preferentemente hasta al menos una capa de encamisado, con propiedades de capa aceptables de la capa obtenida. También se proporciona un proceso de preparación de dicho cable.

40

Un objeto adicional de la invención es proporcionar una composición de polímero que comprende un polímero multimodal de polietileno que tiene excelentes propiedades mecánicas combinadas con buenas propiedades de procesamiento. Además, se proporciona un método de preparación y uso del mismo en una capa de cable.

50

Sumario de la invención

Por consiguiente, la invención se refiere a un cable que comprende un conductor rodeado por una o más capas, en donde al menos una capa comprende una composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómero(s), en donde el copolímero de etileno multimodal comprende

55

(A) desde 10 hasta 90 % en peso, preferentemente 30 hasta 70 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta que tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³, y

60

(B) desde 10 hasta 90 % en peso, preferentemente 30 hasta 70 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja que tiene una densidad de desde menos de 925 kg/m³,

65

en donde el copolímero de etileno multimodal tiene una densidad de 900 a 918 kg/m³ y un módulo de flexión

(determinado según ISO 178) de 350 MPa o menos;

en donde el polímero de etileno de densidad más alta (A) y el polímero de etileno de densidad más baja (B) son obtenibles polimerizando etileno en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para dicho catalizador;

5 en donde la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos 20 kg/m³;

y en donde la capa que comprende dicha composición de polímero es una capa de encamisado.

10 La invención se refiere además a una composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómeros obtenidos en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para ese catalizador, en donde el copolímero de etileno multimodal comprende:

(A) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta que tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³, y

15 (B) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja que tiene una densidad de desde menos de 925 kg/m³,

en donde el copolímero de etileno multimodal tiene una densidad de 900 a 918 kg/m³ y un módulo de flexión (determinado según ISO178) de 350 MPa o menos y MFR₂ de 0,1 a 5 g/10 min; y

20 en donde la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos 20 kg/m³.

El término "multimodal" significa en el presente documento, a menos que se establezca de otro modo, que la composición de polímero comprende al menos dos componentes de polímero (A) y (B) diferentes y que los componentes de polímero (A) y (B) se diferencian entre sí por tener al menos densidades diferentes. Además, el copolímero de PE también puede ser multimodal con respecto a diferencias entre el contenido de comonómero y/o la distribución de pesos moleculares (MWD) del polímero (A) y polímero (B). La multimodalidad con respecto a la distribución de pesos moleculares incluye también bimodalidad con respecto a MWD, y significa en el presente documento, generalmente, un polietileno que comprende al menos dos fracciones de polietileno, que se han producido en condiciones de polimerización diferentes dando como resultado pesos moleculares (medios ponderales) y distribuciones de pesos moleculares diferentes para las fracciones. La forma de la curva de distribución de pesos moleculares, es decir, el aspecto del gráfico de la fracción en peso de polímero en función de su peso molecular, de un polímero multimodal, mostrará dos o más máximos o normalmente se ensancha de forma distinta en comparación con las curvas para las fracciones individuales. Por ejemplo, si un polímero se produce en un proceso multietapa secuencial, 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 ponderal. Cuando se registra la curva de distribución de pesos moleculares de dicho polímero, las curvas individuales de estas forman normalmente juntas una curva de distribución de pesos moleculares ensanchada para el producto de polímero resultante total. En caso de que el copolímero de PE sea multimodal, también con respecto a MWD, entonces el polímero de densidad más alta (A) tiene preferentemente un peso molecular más bajo (LMW) y el polímero de densidad más baja (B) tiene un peso molecular más alto (HMW).

45 El cable de la invención se denomina en el presente documento cable. La "composición de polímero de la invención" se denomina en el presente documento la composición de polímero y el "copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómero(s) de la invención" se denomina en el presente documento indistintamente copolímero de PE multimodal o abreviadamente copolímero de PE.

50 La composición de polímero que comprende el copolímero de etileno multimodal que tiene la densidad y que comprende los componentes de densidad más alta y densidad más baja (A) y (B) con las densidades como se definen en la reivindicación 1 proporciona una capa de cable con flexibilidad altamente ventajosa. Además, la composición de polímero de la invención también tiene preferentemente una temperatura de distorsión térmica (HDT) sorprendentemente alta a un módulo de flexión dado o, respectivamente, un módulo de flexión más bajo a una HDT dada. Sin limitar a teoría alguna, la división de densidad entre los componentes de densidad más alta y densidad más baja contribuye a la alta flexibilidad y al equilibrio de la propiedad preferible de flexibilidad y HDT como se ha mencionado anteriormente.

60 El término "conductor" significa en el presente documento anteriormente y más adelante que el conductor comprende uno o más hilos. Además, el cable puede comprender uno o más de dichos conductores. Preferentemente, el conductor es un conductor eléctrico.

"Cable" cubre todos los tipos de hilos y cables usados en las aplicaciones de hilos y cables (H y C).

65 El cable puede comprender dos o más capas que comprenden la composición de polímero. Dicha al menos una capa del cable que comprende la composición de polímero es una capa de encamisado.

La invención también se refiere a un proceso de producción de dicho cable, que comprende las etapas de aplicar, preferentemente por (co)extrusión, una o más capas sobre un conductor, capas que comprenden un polímero, en donde al menos una capa comprende dicha composición de polímero de la invención.

- 5 Además de las aplicaciones de H y C, la composición de polímero (Cp') también se puede usar en otras aplicaciones de polímero.

10 Las propiedades y realizaciones preferibles del cable, composición de polímero que incluye el subgrupo independiente composición de polímero (Cp'), el copolímero de PE, así como los procesos de preparación de estos, se describen más adelante. Como es evidente, dichas propiedades y realizaciones preferibles se dan en términos generales que significa que se pueden combinar en cualquier combinación para definir adicionalmente las realizaciones preferibles de la invención.

Figuras

15 Fig. 1: Muestra una configuración experimental del ensayo de temperatura de distorsión térmica (HDT) (ensayo de presión a alta temperatura) como se describe más adelante en "Métodos de determinación". En el ensayo realizado de las muestras descritas se usó un hilo de 3 mm en lugar del cilindro mostrado en la imagen.

20 Descripción detallada

La composición de polímero comprende el copolímero de PE como se ha definido anteriormente. La siguiente descripción se aplica naturalmente tanto para la composición de polímero del cable como para la composición de polímero (Cp') independiente que también es el subgrupo preferido de la composición de polímero del cable. Si no se especifica en la parte de descripción, entonces los métodos de medición para las propiedades preferibles adicionales son como se definen a continuación para la composición de polímero del cable descrito después más adelante en "Métodos de determinación".

Copolímero de PE

30 El copolímero de PE comprende preferentemente

(A) desde 10 hasta 90 % en peso, preferentemente desde 40 hasta 60 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta con uno o más comonomero(s) de alfa-olefina que tienen desde 3 hasta 20, preferentemente 4 hasta 10 átomos de carbono, más preferentemente 4 hasta 8 átomos de carbono, y

(B) desde 10 hasta 90 % en peso, preferentemente desde 40 hasta 60 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja con uno o más comonomero(s) de alfa-olefina que tienen desde 3 hasta 20, preferentemente 4 hasta 10 átomos de carbono, más preferentemente 4 hasta 8 átomos de carbono.

Comonomero como se usa en el presente documento significa unidades de monómero distintas de etileno que son copolimerizables con etileno.

45 El término "copolímero de PE", como se usa en el presente documento, engloba polímeros que comprenden unidades repetidas que derivan de etileno y al menos otro monómero de alfa-olefina C3-20. Preferentemente, el copolímero de PE se puede formar a partir de etileno junto con al menos un comonomero de alfa-olefina C4-10, por ejemplo 1-buteno, 1-hexeno o 1-octeno. Preferentemente, el copolímero de PE es un copolímero binario, es decir, el polímero contiene etileno y un comonomero, o un terpolímero, es decir, el polímero contiene etileno y dos o tres comonomeros. Preferentemente, el copolímero de PE comprende un copolímero de etileno-hexeno, copolímero de etileno-octeno o copolímero de etileno-buteno. La cantidad de comonomero presente en el copolímero de PE es al menos 0,25 % en moles, preferentemente al menos 0,5 % en moles, tal como preferentemente 0,5 a 10 % en moles, por ejemplo 2 a 10 % en moles con respecto a etileno. En algunas realizaciones se puede desear un intervalo de comonomero de 4,0 a 8,0 % en moles. Alternativamente, los contenidos de comonomero presentes en el copolímero de PE pueden ser 0,5 a 25 % en peso, especialmente 2 a 12 % en peso con respecto a etileno. En (A) componente de copolímero de PE de densidad más alta, preferentemente al menos 0,5 % en moles, por ejemplo al menos 1,0 % en moles, tal como hasta 5 % en moles, de unidades repetidas derivan de dicho comonomero. En (B) componente de copolímero de PE de densidad más baja, preferentemente al menos 2,0 % en moles, por ejemplo al menos 3,0 % en moles, tal como hasta 10 % en moles, de unidades repetidas derivan de dicho comonomero.

60 El polímero de etileno de densidad más alta (A) tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³.

El polímero de etileno de densidad más baja (B) tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³, preferentemente desde 870 hasta 915 kg/m³, más preferentemente 880 hasta 910 kg/m³.

65 La diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos 20 kg/m³,

ES 2 733 523 T3

incluso se puede preferir más de 25 kg/m³, dependiendo de la realización.

El copolímero de PE tiene la densidad de desde 900 hasta 918 kg/m³, preferentemente de desde 905 hasta 918 kg/m³.

5 El copolímero de PE tiene preferentemente un peso molecular medio ponderal de desde 80.000 g/mol hasta 500.000 g/mol, más preferentemente desde 100000 g/mol hasta 250000 g/mol y en particular desde 120000 g/mol hasta 220000 g/mol.

10 El copolímero de etileno de densidad más alta (A) del copolímero de PE de densidad más alta tiene preferentemente un peso molecular medio ponderal de al menos 80000 g/mol, más preferentemente de desde 90000 hasta 1000000, más preferentemente 95000 a 500000 g/mol.

15 El copolímero de etileno de densidad más baja (B) del copolímero de PE tiene preferentemente un peso molecular medio ponderal de al menos 70000 g/mol, más preferentemente de desde 90000 hasta 1000000, más preferentemente 95000 hasta 500000 g/mol.

20 El copolímero de PE multimodal tiene un módulo de flexión de 350 MPa o menos, preferentemente 300 MPa o menos, preferentemente de desde 80 hasta 280 MPa, más preferentemente de desde 100 hasta 280 MPa.

En una realización el módulo de flexión es preferentemente inferior a 300 MPa, preferentemente de desde 80 hasta 280 MPa. Además, en esta realización preferentemente el copolímero de etileno de densidad más baja (B) del copolímero de PE tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³.

25 El copolímero de PE multimodal de la composición de polímero tiene preferentemente una MWD (Mn/Mw) de desde 1,5 hasta 20, preferentemente desde 2,0 hasta 15, preferentemente desde 2,5 hasta 10,0.

30 El copolímero de PE preferentemente tiene una MFR₂ de desde 0,1 hasta 5,0 g/10 min, preferentemente desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, más preferentemente desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min.

35 En una realización preferible, el copolímero de PE tiene una Mz de al menos 200.000, preferentemente al menos 250.000, preferentemente desde 300.000 hasta 1000.000, más preferentemente desde 320.000 hasta 700.000. En esta realización, el copolímero de PE tiene preferentemente una Mz/Mw de al menos 2,45, preferentemente de al menos 2,50, preferentemente de desde 2,55 hasta 15,0, preferentemente de desde 2,60 hasta 10,00, más preferentemente de al menos 2,65 hasta 10,00.

40 En una realización preferida de la invención, la composición de polímero pasa la temperatura de 90 °C, preferentemente pasa la temperatura de 100 °C, más preferentemente pasa la temperatura de 115 °C en una temperatura de distorsión térmica (HDT) como se describe más adelante en los métodos de determinación. El ensayo de HDT es una indicación de la resistencia a la deformación térmica.

45 En esta realización, se prefiere el polímero de etileno de densidad más alta (A) con el intervalo de densidad más alta como se define en la realización (A1).

Las cantidades de componentes de densidad más alta y densidad más baja del copolímero de PE son preferentemente:

- 50
- la cantidad de copolímero de etileno de densidad más alta (A) es de 10 a 90, preferentemente de 30 a 70, más preferentemente de 40 a 60, % en peso; y
 - la cantidad de copolímero de etileno de densidad más baja (B) es de 10 a 90, preferentemente de 30 a 70 más preferentemente de 40 a 60, % en peso; basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B).

55 Como un subgrupo del copolímero de PE adecuado para el cable, la invención proporciona además independientemente una composición de polímero (Cp') que comprende un copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómeros obtenidos en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para ese catalizador, en donde el copolímero de etileno multimodal comprende:

60 (A) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta que tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³, y
(B) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja que tiene una densidad de desde menos de 925 kg/m³,

65 en donde el copolímero de etileno multimodal tiene una densidad de 900 a 918 kg/m³ y un módulo de flexión (determinado según ISO178) de 350 MPa o menos y MFR₂ de 0,1 a 5 g/10 min; y en donde la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos

20 kg/m³.

- Más preferentemente, en este subgrupo independiente (Cp'), el copolímero de PE multimodal tiene el módulo de flexión de 300 MPa o menos, preferentemente de desde 80 hasta 280 MPa, más preferentemente de desde 100 hasta 280 MPa, y MFR₂ de desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, más preferentemente desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min y la densidad de desde 905 hasta 918 kg/m³. Más preferentemente, la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) del subgrupo composición de polímero Cp' es al menos 25 kg/m³, dependiendo de la realización deseada.
- 10 En este subgrupo independiente de la composición de polímero (Cp'), el copolímero de PE tiene más preferentemente al menos una, preferentemente dos o más, en cualquier combinación, de las siguientes propiedades adicionales
- 15 (i) el polímero de etileno de densidad más baja (B) tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³, preferentemente desde 870 hasta 915 kg/m³, más preferentemente 880 hasta 910 kg/m³,
 (ii) la cantidad de copolímero de etileno de densidad más alta (A) es de 30 a 70, preferentemente de 40 a 60, preferentemente de 45 a 55, más preferentemente de 48 a 54, % en peso, y la cantidad de copolímero de etileno de densidad más baja (B) es de 70 a 30, preferentemente de 60 a 40, preferentemente de 55 a 45, más preferentemente de 52 a 46, % en peso; basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B),
 20 (iii) una MWD (Mn/Mw) de desde 1,5 hasta 20, preferentemente desde 2,0 hasta 15, preferentemente desde 2,5 hasta 10,0, o
 (iv) índice de fusión MFR₂ de desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, preferentemente desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min, o
 25 (v) la densidad del copolímero de polietileno de desde 905 hasta 918 kg/m³, el módulo de flexión inferior a 300 MPa y el copolímero de polietileno comprende el copolímero de etileno de densidad más baja (A) que tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³,
- preferentemente tiene al menos dos, más preferentemente todas las propiedades anteriores (i) a (v).
- 30 El copolímero de PE de la composición de polímero, que incluye cualquier realización y el subgrupo composición de polímero (Cp'), es obtenible polimerizando etileno en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para dicho catalizador (la combinación también se denomina en el presente documento abreviadamente un catalizador de sitio único, como es evidente para un experto). Preferentemente, ambos componentes de copolímero de etileno (A) y (B) son obtenibles por una polimerización de etileno en presencia de un catalizador de sitio único. El catalizador de sitio único usado para producir los componentes de copolímero de etileno (A) y (B) puede ser igual o diferente. En una realización preferible, el copolímero de etileno multimodal comprende un copolímero de etileno de densidad más alta (A) que tiene un peso molecular bajo (LMW) y un copolímero de etileno de densidad más alta (B) que tiene un peso molecular alto (HMW), y es obtenible polimerizando el etileno en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para dicho catalizador. En caso de esta realización preferible, el polímero de densidad más alta (A) y el polímero de densidad más baja (B) son preferentemente obtenibles usando el mismo catalizador, preferentemente el mismo catalizador de sitio único. La realización preferida de la invención se basa así en una composición de polímero adecuada para una capa de cable, polímero que tiene propiedades ventajosas y se produce por un catalizador de sitio único. Naturalmente, la polimerización de etileno ocurre junto con unidades de monómero de uno o más comonómero(s).
- 45 Las expresiones "obtenible por" o "producido por" se usan indistintamente en el presente documento y significan la categoría "producto por proceso", es decir, que el producto tiene una característica técnica que es debida al proceso de preparación.
- 50 El copolímero de PE puede comprender además componentes de polímero, por ejemplo tres componentes que son un copolímero de PE trimodal. La cantidad de dichos componentes adicionales es preferentemente hasta 10 % en peso, preferentemente hasta 5 % en peso, basado en la cantidad del copolímero de PE. Preferentemente, el copolímero de PE consiste en componentes de polímero de densidad más alta y densidad más baja. Opcionalmente, en el copolímero de PE multimodal, por ejemplo el copolímero de PE bimodal preferible, los componentes de copolímero de etileno (A) y (B) pueden cada uno también comprender independientemente, por ejemplo, hasta 5 % en peso de un prepolímero de polietileno bien conocido que es obtenible a partir de una etapa de prepolimerización como se conoce bien en la técnica, por ejemplo como se describe en el documento WO9618662. En caso de dicho prepolímero, el componente de prepolímero está normalmente comprendido en uno de los componentes de densidad más alta y densidad más baja, o alternativamente forma un polímero separado con, por ejemplo, densidad y/o MWD diferente, es decir, componente adicional, del copolímero de PE y así contribuye a la multimodalidad con respecto a las densidades y/o MWD,
- 60 Por homopolímero de etileno se indica un polímero que consiste sustancialmente en unidades de etileno. Como las corrientes de proceso pueden tener una pequeña cantidad de otras especies polimerizables como impurezas, el homopolímero puede contener una pequeña cantidad de unidades distintas de etileno. El contenido de dichas unidades debe ser inferior a 0,2 % por mol, preferentemente inferior a 0,1 % por mol.
- 65

Proceso de polimerización

El copolímero de PE multimodal (por ejemplo, bimodal) puede ser obtenible mezclando mecánicamente entre sí dos o más componentes de polímero separados o por combinación *in situ* en un proceso de polimerización multietapa durante el proceso de preparación de los componentes de polímero. Tanto la combinación mecánica como *in vivo* se conocen bien en el campo. El copolímero de PE multimodal preferido se produce preferentemente en un proceso de polimerización multietapa en presencia de un catalizador de sitio único.

En el proceso de polimerización multietapa se polimerizan etileno y alfa-olefinas que tienen desde 4 hasta 10 átomos de carbono en un proceso que comprende al menos dos etapas de polimerización. Cada etapa de polimerización se puede realizar en un reactor separado, pero también se puede realizar en al menos dos zonas de polimerización distintas en un reactor. Preferentemente, el proceso de polimerización multietapa se realiza en al menos dos etapas de polimerización en cascada.

Catalizador

La polimerización de cada componente de copolímero de etileno (A) y (B) se realiza preferentemente en presencia del mismo catalizador de polimerización de un único sitio o diferente. Preferentemente, el catalizador de sitio único es un catalizador de metaloceno. Dichos catalizadores comprenden un compuesto de metal de transición que normalmente contiene un ligando orgánico, preferentemente un ligando de ciclopentadienilo, indenilo o fluorenilo. Preferentemente, el catalizador contiene dos ligandos de ciclopentadienilo, indenilo o fluorenilo, que se pueden unir por un grupo que contiene preferentemente átomo(s) de silicio y/o carbono. Además, los ligandos pueden tener sustituyentes, tales como grupos alquilo, grupos arilo, grupos arilalquilo, grupos alquilarilo, grupos sililo, grupos siloxi, grupos alcoxi y similares. Se conocen en la técnica compuestos de metaloceno adecuados y se desvelan, entre otros, en los documentos de patente WO-A-97/28170, WO-A-98/32776, WO-A-99/61489, WO-A-03/010208, WO-A-03/051934, WO-A-03/051514, WO-A-2004/085499, WO-A-2005/002744, EP-A-1752462 y EP-A-1739103.

Se ha encontrado especialmente que los compuestos de metaloceno que tienen hafnio como átomo de metal de transición o los compuestos de metaloceno que comprenden un ligando de tipo indenilo o tetrahydroindenilo tienen frecuentemente las características deseadas.

Un ejemplo de compuestos de metaloceno adecuados es el grupo de compuestos de metaloceno que tienen circonio, titanio o hafnio como metal de transición y uno o más ligandos que tienen estructura de indenilo que lleva un sustituyente siloxi, tal como dicloruro de [etilenbis(3,7-di(triisopropilsiloxi)inden-1-il)]circonio (tanto rac como meso), dicloruro de [etilenbis(4,7-di(triisopropilsiloxi)inden-1-il)]circonio (tanto rac como meso), dicloruro de [etilenbis(5-terc-butildimetilsiloxi)inden-1-il)]circonio (tanto rac como meso), dicloruro de bis(5-terc-butildimetilsiloxi)inden-1-il]circonio, dicloruro de [dimetilsililenbis(5-terc-butildimetilsiloxi)inden-1-il)]circonio (tanto rac como meso), dicloruro de (N-terc-butilamido)(dimetil)(η^5 -inden-4-iloxi)silanotitanio y dicloruro de [etilenbis(2-(terc-butildimetilsiloxi)inden-1-il)]circonio (tanto rac como meso).

Otro ejemplo es el grupo de compuestos de metaloceno que tienen hafnio como átomo de metal de transición y que llevan un ligando de tipo ciclopentadienilo, tal como dicloruro de bis(n-butilciclopentadienil)hafnio, bis(n-butilciclopentadienil)dibencilhafnio, dicloruro de dimetilsililenbis(n-butilciclopentadienil)hafnio (tanto rac como meso) y dicloruro de bis[1,2,4-tri(etil)ciclopentadienil]hafnio.

Todavía otro ejemplo es el grupo de compuestos de metaloceno que llevan un ligando de tetrahydroindenilo tal como dicloruro de bis(4,5,6,7-tetrahydroindenil)circonio, dicloruro de bis(4,5,6,7-tetrahydroindenil)hafnio, dicloruro de etilenbis(4,5,6,7-tetrahydroindenil)circonio, dicloruro de dimetilsililenbis(4,5,6,7-tetrahydroindenil)circonio.

Es evidente que el catalizador de sitio único normalmente también comprende un activador. Los activadores generalmente usados son compuestos de alumoxano, tales como metilalumoxano (MAO), tetraisobutilalumoxano (TIBAO) o hexaisobutilalumoxano (HIBAO). También se pueden usar activadores de boro, tales como los desvelados en el documento de patente US-A-2007/049711. Los activadores mencionados anteriormente se pueden usar solos o se pueden combinar con, por ejemplo, alquilaluminios, tales como trietilaluminio o tri-isobutilaluminio.

El catalizador está preferentemente soportado. El soporte puede ser cualquier soporte en partículas, que incluye soporte de óxido inorgánico, tal como sílice, alúmina o titania, o soporte polimérico, tal como polímero que comprende estireno o divinilbenceno.

El catalizador también puede comprender el compuesto de metaloceno sobre alumoxano solidificado o puede ser un catalizador sólido preparado según la tecnología de solidificación en emulsión. Dichos catalizadores se desvelan, entre otros, en los documentos de patente EP-A-1539775 o WO-A-03/051934.

Polimerización

Es evidente que las propiedades reivindicadas como tales, es decir, individualmente, son muy bien conocidas, pero

el equilibrio reivindicado de las mismas (es decir, combinación de los intervalos reivindicados) es novedoso y sorprendentemente adecuado para aplicaciones de H y C. El nuevo equilibrio de propiedades se puede obtener controlando las condiciones de proceso y opcionalmente por elección del catalizador, que puede ser un catalizador convencional, como se conoce bien por un experto. Por ejemplo, se pueden controlar las densidades de los componentes de densidad más alta y densidad más baja (A) y (B) y el copolímero de PE final, entre otros, adaptando cualquiera o todos de la fracción, la incorporación de comonomeros (alimentación de comonomero), longitud de cadena del polímero polimerizado, alimentación de hidrógeno, como se conoce bien en la técnica. También se pueden obtener y controlar la multimodalidad con respecto a los pesos moleculares, si se desea además, como se ha descrito anteriormente o más adelante.

El copolímero de PE multimodal se puede producir por combinación mecánica, entre otros, en el modo convencional, del polímero de etileno de densidad más alta (A) y el polímero de etileno de densidad más baja (B) que cada componente puede estar independientemente comercialmente disponible o se puede producir análogamente con, entre otros, cualquier proceso de polimerización adecuado bien conocido y documentado en la materia. El copolímero de PE multimodal también se puede producir *in situ* en un proceso multietapa que puede ser, entre otros, cualquier proceso de polimerización adecuado conocido en la técnica. En la zona de polimerización se introducen un catalizador, etileno, opcionalmente un diluyente inerte, y opcionalmente hidrógeno y/o comonomero. El componente de polímero de etileno de densidad más alta se produce preferentemente en una primera zona de polimerización y el componente de copolímero de etileno de densidad más baja se produce en una segunda zona de polimerización. La primera zona de polimerización y la segunda zona de polimerización se pueden conectar en cualquier orden, es decir, la primera zona de polimerización puede preceder a la segunda zona de polimerización, o la segunda zona de polimerización puede preceder a la primera zona de polimerización o, alternativamente, las zonas de polimerización se pueden conectar en paralelo. Sin embargo, se prefiere hacer funcionar las zonas de polimerización en modo en cascada. Las zonas de polimerización pueden funcionar en condiciones de suspensión, disolución, o fase gaseosa, o en cualquier combinación de las mismas. Las configuraciones de reactor adecuadas se desvelan, entre otros, en los documentos de patente WO-A-92/12182, EP-A-369436, EP-A-503791, EP-A-881237 y WO-A-96/18662. Los ejemplos de procesos donde las zonas de polimerización están dispuestas dentro de un sistema de reactor se desvelan en los documentos de patente WO-A-99/03902, EP-A-782587 y EP-A-1633466.

Se prefiere frecuentemente retirar los reactantes de la etapa de polimerización precedente del polímero antes de introducirlo en la etapa de polimerización posterior. Esto se hace preferentemente cuando se transfiere el polímero desde una etapa de polimerización hasta otra. Los métodos adecuados se desvelan, entre otros, en los documentos de patente EP-A-1415999 y WO-A-00/26258.

La polimerización en la zona de polimerización se puede realizar en suspensión. El catalizador se puede alimentar, por ejemplo, de un modo convencional al reactor. Entonces, las partículas de polímero formadas en la polimerización, junto con el catalizador fragmentado y dispersado dentro de las partículas, se suspenden en el hidrocarburo fluido. Se agita la suspensión para permitir la transferencia de reactantes del fluido a las partículas.

La polimerización normalmente tiene lugar en un diluyente inerte, normalmente un diluyente de hidrocarburo tal como metano, etano, propano, n-butano, isobutano, pentanos, hexanos, heptanos, octanos etc., o sus mezclas. Preferentemente, el diluyente es un hidrocarburo de bajo punto de ebullición que tiene desde 1 hasta 4 átomos de carbono o una mezcla de dichos hidrocarburos. Un diluyente especialmente preferido es propano, que posiblemente contiene cantidad menor de metano, etano y/o butano.

El contenido de etileno en la fase fluida de la suspensión puede ser desde 2 hasta aproximadamente 50 % por mol, preferentemente desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 20 % por mol, y en particular desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 15 % por mol. El beneficio de tener una alta concentración de etileno es que aumenta la productividad del catalizador, pero el inconveniente es que entonces se necesita más etileno para recircular que si la concentración fuera más baja.

La temperatura en la polimerización en suspensión es normalmente desde 50 hasta 115 °C, preferentemente desde 60 hasta 110 °C y en particular desde 70 hasta 105 °C. La presión es desde 1 hasta 150 bar, preferentemente desde 10 hasta 100 bar.

La polimerización en suspensión se puede realizar en cualquier reactor conocido usado para la polimerización en suspensión. Dichos reactores incluyen un reactor continuo de tanque con agitación y un reactor de bucle. Se prefiere especialmente realizar la polimerización en un reactor de bucle. En dichos reactores la suspensión circula con una alta velocidad a lo largo de una tubería cerrada usando una bomba de circulación. Los reactores de bucle generalmente se conocen en la técnica y se dan ejemplos, por ejemplo, en los documentos de patente US-A-4582816, US-A-3405109, US-A-3324093, EP-A-479186 y US-A-5391654.

Es algunas veces ventajoso realizar la polimerización en suspensión por encima de la temperatura y presión críticas de la mezcla fluida. Dicha operación se describe en el documento de patente US-A-5391654. En dicha operación, la temperatura es normalmente desde 85 hasta 110 °C, preferentemente desde 90 hasta 105 °C y la presión es desde 40 hasta 150 bar, preferentemente desde 50 hasta 100 bar.

La suspensión se puede retirar del reactor ya sea continua o intermitentemente. Una forma preferida de retirada intermitente es el uso de ramas de decantación donde se deja que la suspensión se concentre antes de retirar un lote de la suspensión concentrada del reactor. El uso de ramas de decantación se desvela, entre otros, en los documentos de patente US-A-3374211, US-A-3242150 y EP-A-1310295. La retirada continua se desvela, entre otros, en los documentos de patente EP-A-891990, EP-A-1415999, EP-A-1591459, EP-A-1591460 y WO-A-2007/025640. La retirada continua se combina ventajosamente con un método adecuado de concentración, como se desvela en los documentos de patente documento EP-A-1310295 y EP-A-1591460.

Si el polímero de etileno de densidad más alta se produce en la etapa de polimerización en suspensión y también tiene un peso molecular bajo, entonces se añade hidrógeno al reactor de suspensión de manera que la relación molar entre hidrógeno y etileno en la fase de reacción sea desde 0,1 hasta 1,0 mol/kmol, y preferentemente desde 0,2 hasta 0,7 mol/kmol. Entonces, el comonomero también se puede introducir en la etapa de polimerización en suspensión de manera que la relación molar entre comonomero y etileno en la fase de reacción no supere 150 mol/kmol.

Si el polímero de etileno de densidad más baja se produce en la etapa de polimerización en suspensión y también tiene un alto peso molecular, entonces se añade hidrógeno al reactor de suspensión de manera que la relación molar entre hidrógeno y etileno en la fase de reacción sea como máximo 0,1 mol/kmol, preferentemente desde 0,01 hasta 0,07 mol/kmol. Especialmente preferentemente, no se introduce hidrógeno en la etapa de polimerización en suspensión. El comonomero se introduce en la etapa de polimerización en suspensión de manera que la relación molar entre comonomero y etileno sea desde 30 hasta 120 mol/kmol.

La polimerización también se puede realizar en fase gaseosa. En un reactor de lecho fluidizado en fase gaseosa se polimeriza una olefina en presencia de un catalizador de polimerización en un corriente de gas que se mueve hacia arriba. El reactor contiene normalmente un lecho fluidizado que comprende las partículas de polímero en crecimiento que contienen el catalizador activo situado encima de una rejilla de fluidización.

Se fluidiza el lecho de polímero con la ayuda del gas de fluidización que comprende el monómero de olefina, posible(s) comonomero(s), posibles controladores del crecimiento de cadena o agentes de transferencia de cadenas, tales como hidrógeno, y un posible gas inerte. El gas de fluidización se introduce en una cámara de entrada en la parte inferior del reactor. Para asegurar que el flujo de gas se distribuya uniformemente sobre el área superficial en sección transversal de la cámara de entrada, la tubería de entrada se puede equipar con un elemento divisor del flujo como se conoce en la técnica, por ejemplo, los documentos de patente US-A-4933149 y EP-A-684871.

Desde la cámara de entrada, el flujo de gas pasa hacia arriba a través de una rejilla de fluidización en el lecho fluidizado. El fin de la rejilla de fluidización es dividir el flujo de gas uniformemente a través del área en sección transversal del lecho. Algunas veces, la rejilla de fluidización se puede disponer para establecer una corriente de gas para barrer a lo largo de las paredes del reactor, como se desvela en el documento de patente WO-A-2005/087361. Otros tipos de rejillas de fluidización se desvelan, entre otros, en los documentos de patente US-A-4578879, EP-A-600414 y EP-A-721798. Una visión general se da en Geldart y Bayens: The Design of Distributors for Gas-fluidized Beds, Powder Technology, Vol. 42, 1985.

El gas de fluidización pasa a través del lecho fluidizado. La velocidad superficial del gas de fluidización debe ser más alta que la velocidad de fluidización mínima de las partículas contenidas en el lecho fluidizado, ya que de otro modo no ocurriría la fluidización. Por otra parte, la velocidad del gas debe ser más baja que la velocidad de aparición de transporte neumático, ya que de otro modo todo el lecho sería arrastrado con el gas de fluidización. Se pueden calcular la velocidad de fluidización mínima y la velocidad de aparición de transporte neumático cuando se conocen las características de las partículas usando práctica de ingeniería común. Se da una visión general, entre otros, en Geldart: Gas Fluidization Technology, J. Wiley & Sons, 1986.

Cuando el gas de fluidización se pone en contacto con el lecho que contiene el catalizador activo, los componentes reactivos del gas, tales como los monómeros y agentes de transferencia de cadenas, reaccionan en presencia del catalizador para producir el producto de polímero. Al mismo tiempo, el gas de fluidización retira el calor de reacción de las partículas que polimerizan en el lecho fluidizado.

El gas de fluidización sin reaccionar se retira de la parte superior del reactor y se enfría en un intercambiador de calor para retirar el calor de reacción. El gas se enfría hasta una temperatura que es inferior a la del lecho para prevenir que el lecho se caliente debido a la reacción. Es posible enfriar el gas hasta una temperatura donde condense una parte de él. Cuando las gotitas de líquido entran en la zona de reacción se vaporizan. El calor de vaporización contribuye entonces a la retirada del calor de reacción. Este tipo de operación se denomina modo condensado y variaciones de él se desvelan, entre otros, en los documentos de patente WO-A-2007/025640, US-A-4543399, EP-A-699213 y WO-A-94/25495. También es posible añadir agentes de condensación en la corriente de gas de recirculación, como se desvela en el documento de patente EP-A-696293. Los agentes de condensación son componentes no polimerizables, tales como n-pentano, isopentano, n-butano o isobuteno, que se condensan al menos parcialmente en el refrigerador.

Entonces se comprime el gas, se enfría y se recircula a la cámara de entrada del reactor. Antes de la entrada en el reactor se introducen reactantes nuevos en la corriente de gas de fluidización para compensar las pérdidas causadas por la reacción y la retirada de producto. Generalmente, se conoce analizar la composición del gas de fluidización e introducir los componentes de gas para mantener constante la composición. La composición real se determina por las propiedades deseadas del producto y el catalizador usado en la polimerización.

El catalizador se puede introducir en el reactor de diversas formas, ya sea continua o intermitentemente. Entre otros, los documentos de patente WO-A-01/05845 y EP-A-499759 desvelan dichos métodos. Si el reactor de fase gaseosa es una parte de una cascada de reactor, el catalizador se dispersa normalmente dentro de las partículas de polímero de la etapa de polimerización precedente. Las partículas de polímero se pueden introducir en el reactor de fase gaseosa como se desvela en los documentos de patente EP-A-1415999 y WO-A-00/26258.

El producto polimérico se puede retirar del reactor de fase gaseosa ya sea continua o intermitentemente. También se pueden usar combinaciones de estos métodos. La retirada continua se desvela, entre otros, en el documento de patente WO-A-00/29452. La retirada intermitente desvela, entre otros, en los documentos de patente US-A-4621952, EP-A-188125, EP-A-250169 y EP-A-579426.

La parte superior del reactor de fase gaseosa puede incluir una denominada zona de separación. En dicha zona, el diámetro del reactor aumenta para reducir la velocidad del gas y permitir que las partículas que son transportadas desde el lecho con el gas de fluidización sedimenten de nuevo en el lecho.

El nivel del lecho se puede observar por diferentes técnicas conocidas en la técnica. Por ejemplo, se puede registrar la diferencia de presión entre el fondo del reactor y una altura específica del lecho a lo largo de la longitud completa del reactor y se puede calcular el nivel del lecho basándose en la diferencia de valores de presión. Dicho cálculo da un nivel promediado con el tiempo. También es posible usar sensores ultrasónicos o sensores radiactivos. Con estos métodos se pueden obtener niveles instantáneos que, por supuesto, se pueden promediar luego con el tiempo para obtener el nivel de lecho promediado con el tiempo.

También se pueden introducir agente(s) antiestático(s) en el reactor de fase gaseosa si se necesita. Los agentes antiestáticos adecuados y métodos para usarlos se desvelan, entre otros, en los documentos de patente US-A-5026795, US-A-4803251, US-A-4532311, US-A-4855370 y EP-A-560035. Normalmente son compuestos polares e incluyen, entre otros, agua, cetonas, aldehídos y alcoholes.

El reactor también puede incluir un agitador mecánico para facilitar adicionalmente la mezcla dentro del lecho fluidizado. Un ejemplo de diseño adecuado de agitador se da en el documento de patente EP-A-707513.

Si el polímero de etileno de densidad más alta se produce en la etapa de polimerización en fase gaseosa y también tiene un bajo peso molecular, entonces se añade hidrógeno al reactor de fase gaseosa de manera que la relación molar entre hidrógeno y etileno sea desde 0,1 hasta 1,0 mol/kmol, y preferentemente desde 0,2 hasta 0,7 mol/kmol. El comonomero también se puede introducir entonces en la etapa de polimerización en fase gaseosa de manera que la relación molar entre comonomero y etileno no supere 150 mol/kmol.

Si el polímero de etileno de densidad más baja se produce en la etapa de polimerización en fase gaseosa y también tiene un alto peso molecular, entonces se añade hidrógeno al reactor de fase gaseosa de manera que la relación molar entre hidrógeno y etileno sea como máximo 0,6 mol/kmol, preferentemente como máximo 0,5 mol/kmol. El comonomero se introduce en la etapa de polimerización en fase gaseosa de manera que la relación molar entre comonomero y etileno sea normalmente desde 30 hasta 120 mol/kmol.

Si el otro del (de los) componente(s), por ejemplo el componente de peso molecular más alto, se prepara como una segunda etapa en una polimerización multietapa, no es posible medir sus propiedades directamente. Sin embargo, por ejemplo, la densidad, MFR_2 , etc., del componente, por ejemplo componente de HMW, preparado en la etapa posterior se puede calcular usando las ecuaciones de Kim McAuley. Así, se pueden encontrar tanto la densidad como MFR_2 usando K. K. McAuley and J. F. McGregor: On-line Inference of Polymer Properties in an Industrial Polyethylene Reactor, AIChE Journal, junio de 1991, Vol. 37, N° 6, páginas 825-835. La densidad se calcula a partir de la ecuación de McAuley 37, donde se conocen la densidad final y la densidad después del primer reactor. MFR_2 se calcula a partir de la ecuación de McAuley 25, donde se calculan MFR_2 final y MFR_2 después del primer reactor.

La prepolimerización puede preceder a la(s) etapa(s) de polimerización real(es), como se conoce bien en el campo. Entonces, el catalizador, preferentemente un catalizador de sitio único, se alimenta a la etapa de prepolimerización y después de dicha etapa se alimenta entonces la mezcla de reacción obtenida junto con el catalizador a la(s) etapa(s) de polimerización real(es). En caso de una polimerización multietapa, la mezcla de reacción junto con el catalizador que se obtiene de la zona de polimerización previa, por ejemplo un reactor, se alimenta entonces a la etapa de polimerización posterior a una zona de reacción posterior, por ejemplo un reactor.

La polimerización preferida es la polimerización multietapa, en donde el polímero de densidad más alta (A) se polimeriza preferentemente en un reactor de suspensión, tal como de bucle, y entonces se transfiere

preferentemente el producto de reacción obtenido junto con el catalizador, preferentemente el catalizador de sitio único, a un reactor de fase gaseosa para polimerizar el polímero de densidad más baja (B) en presencia del polímero de densidad más alta (A). La polimerización de cada etapa se lleva a cabo preferentemente como se ha descrito anteriormente. La prepolimerización puede preceder a las etapas de polimerización reales.

5

Homogeneización y sedimentación

La composición de polímero que comprende el copolímero de PE multimodal se homogeneiza y sedimenta usando un método conocido en la técnica. Preferentemente, se usa una prensa extrusora de doble husillo. Dichas prensas extrusoras se conocen en la técnica y se pueden dividir en prensas extrusoras de doble husillo corrotativas, como se desvela en el documento de patente WO-A-98/15591, y prensas extrusoras de doble husillo contrarrotativas, como se desvela en el documento de patente EP-A-1600276. En la prensa extrusora de doble husillo corrotativa, los husillos giran en la misma dirección, mientras que en la prensa extrusora contrarrotativa giran en direcciones opuestas. Se da una visión general, por ejemplo, en Rauwendaal: Polymer Extrusion (Hanser, 1986), capítulos 10.3 a 10.5, páginas 460 a 489. Se usa especialmente preferentemente una prensa extrusora de doble husillo contrarrotativa.

10

15

Para garantizar la suficiente homogeneización de la composición de polímero durante la extrusión, la entrada de energía específica debe estar en un nivel suficientemente alto, pero no excesivo, ya que de otro modo ocurriría la degradación del polímero y/o aditivos. El nivel de SEI requerido depende en cierto modo de la configuración y diseño de los husillos y está dentro de las habilidades del experto. Los niveles adecuados de entrada de energía específica (SEI) son desde 200 hasta 300 kWh/ton, preferentemente desde 210 hasta 290 kWh/ton.

20

Composición de polímero

25

Normalmente, la composición de polímero comprende al menos 50 % en peso del copolímero de PE multimodal, preferentemente desde 80 hasta 100 % en peso y más preferentemente desde 85 hasta 100 % en peso, basado en el peso total de la composición. La composición de polímero preferida consiste en copolímero de PE. La expresión significa que la composición de polímero no contiene componentes de polímero adicionales, sino el copolímero de PE multimodal como el único componente de polímero. Sin embargo, se debe entender en el presente documento que la composición de polímero puede comprender componentes adicionales tales como aditivos que se pueden añadir opcionalmente en una mezcla con un polímero de soporte, es decir, en el denominado lote maestro.

30

La composición de polímero puede así contener aditivos adicionales tales como aditivos convencionalmente usados en aplicaciones de H y C. Parte o todos de los aditivos opcionales se pueden añadir, por ejemplo, al copolímero de PE antes de la etapa homogeneización y sedimentación anteriormente descrita para obtener la composición de polímero. Como alternativa igual, parte o todos los aditivos opcionales se pueden añadir a la composición de polímero después de la etapa de sedimentación antes o durante el proceso de preparación de un artículo, preferentemente un cable, del mismo. Los aditivos se pueden usar en cantidades convencionales.

35

40

Por ejemplo, la composición de polímero puede ser reticulable y contiene un aditivo de reticulación, tal como un agente generador de radicales libres para reticulación mediante reacción con radicales o, por ejemplo, un catalizador de condensación de silanol para reticulación mediante grupos silano hidrolizables. Preferentemente, el agente de reticulación contiene enlace -O-O- o enlace -N=N-, más preferentemente es un peróxido, preferentemente peróxido orgánico, tal como 2,5-di(terc-butilperoxi)-2,5-dimetilhexano, di(terc-butilperoxiisopropil)benceno, peróxido de dicumilo, peróxido de terc-butilcumilo, peróxido de di(terc-butilo), o sus mezclas, sin embargo sin limitarse a estas.

45

Los ejemplos no limitantes adicionales del (de los) aditivo(s) para aplicaciones de H y C incluyen antioxidante(s), estabilizador(es), agente(s) retardante(s) del quemado, adyuvante(s) de procesamiento, aditivo(s) retardante(s) de la llama, aditivo(s) retardante(s) de árboles de agua, secuestrantes(s) de ácido, agente(s) de refuerzo de la reticulación, carga(s) inorgánica(s), tales como negro de carbón, y estabilizador(es) de la tensión

50

Cable y fabricación de cable

La al menos una capa de encamisado del cable comprende al menos la composición de polímero como se ha definido anteriormente o más adelante. La(s) capa(s) del cable también pueden comprender una combinación de la composición de polímero junto con una o más composición (composiciones) de polímero diferentes y/o con componentes de polímero adicionales.

55

60 El cable se selecciona preferentemente de

- un cable de comunicación para aplicaciones de comunicación que comprende uno o más hilos rodeados por al menos una capa, que preferentemente es una capa de aislamiento, y un hilo o un haz de los dos o más hilos se rodea entonces por al menos una capa de envoltura, que también se denomina una capa de encamisado y que forma la capa polimérica más externa para proteger uno o más hilos, o de
- un cable de alimentación, que comprende un conductor rodeado por al menos una capa, preferentemente al

65

menos una capa de aislamiento y una capa de encamisado, en ese orden,

en donde al menos una capa comprende la composición de polímero como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones más adelante. El cable de comunicación y de alimentación tiene un significado bien conocido en el campo de H y C.

Un cable de comunicación es un cable para transferir señales de información como cables de telecomunicación o cables coaxiales. Un cable de telecomunicación comprende una pluralidad de hilos monopolares cada uno rodeado por una composición de aislamiento, normalmente una capa de aislamiento. El número de hilos monopolares puede variar desde algunos en un cable de transmisión de datos hasta varios miles en cables de teléfono. Todos estos hilos se rodean entonces por una capa de envoltura protectora común, también denominada capa de encamisado, que rodea y protege el haz de hilos. Preferentemente, la capa de envoltura comprende, consiste preferentemente en, la composición de polímero de la invención.

Un cable coaxial tiene normalmente un conductor central y al menos un conductor concéntrico externo. Si se usa más de un conductor externo, por ejemplo cables triaxiales, se separan por una capa eléctricamente aislante. También se rodean los cables coaxiales por al menos una envoltura, también denominada capa de encamisado. La capa de envoltura comprende preferentemente, más preferentemente consiste en, la composición de polímero de la invención.

Un cable de alimentación es un cable que transfiere energía que opera en cualquier tensión, que opera normalmente a tensiones superiores a 220 V. La tensión aplicada al cable de alimentación puede ser alterna (CA), continua (CC), o transitoria (impulso). La composición de polímero también es muy adecuada para capas de cables de alimentación tales como cables de alimentación de baja tensión (LV) (por ejemplo, de cables 1 kV), media tensión (MV), alta tensión (HV) y extra alta tensión (EHV), términos que tienen significado bien conocido e indican el nivel de operación de dicho cable.

La realización preferible de cable de MV, HV y EHV de la invención comprende al menos una capa semiconductor interna, capa de aislamiento, una capa semiconductor externa y una capa de encamisado, en ese orden, en donde al menos la capa de encamisado comprende, consiste preferentemente en, dicha composición de polímero de la invención.

La realización preferible de cable de 1 kV de la invención comprende al menos una capa de aislamiento y opcionalmente una capa de cimentación y una capa de encamisado, en ese orden, en donde al menos una de la capa de encamisado comprende, preferentemente consisten en, dicha composición de polímero de la invención.

Dicha al menos una capa de cable que comprende la composición de polímero como se ha definido anteriormente o en las reivindicaciones más adelante es una capa de encamisado.

Los cables según la presente invención se pueden producir según los métodos conocidos en la técnica usando la composición de polímero como se ha descrito anteriormente.

Por consiguiente, la invención también proporciona un proceso de producción de un cable, proceso que comprende las etapas de a) aplicar sobre un conductor una o más capas, en donde al menos una capa es una capa de encamisado y se forma usando la composición de polímero como se ha definido anteriormente y más adelante.

El proceso para producir un cable, tal como un cable de comunicación o de alimentación, como se ha definido anteriormente y más adelante, comprende mezclar fundida, es decir, combinar la composición de polímero como se ha definido anteriormente, que incluye los subgrupos y realizaciones de la misma, opcionalmente con otros componentes de polímero y opcionalmente con aditivos, por encima del punto de fusión de al menos el (los) principal(es) componente(s) de polímero de la mezcla obtenida, y (co)extruir la mezcla fundida obtenida sobre un conductor para formar una o más capa(s) de polímero, en donde al menos una contiene la composición de polímero. La mezcla fundida se lleva a cabo preferentemente a una temperatura de 20-25 °C por encima del punto de fusión o de reblandecimiento del (de los) componente(s) de polímero. Preferentemente, dicha composición de polímero se usa en forma de pellas que se añaden a la etapa de mezcla y se mezclan fundidas. Los aditivos se pueden añadir antes o durante el proceso de fabricación del cable. Las temperaturas y dispositivos de procesamiento se conocen bien en la técnica, por ejemplo, son adecuadas para el proceso de la invención mezcladoras y prensas extrusoras convencionales, tales como prensas extrusoras de un solo husillo o de doble husillo.

El cable puede ser reticulable, en donde al menos una de las capas se puede reticular para proporcionar un cable reticulado. La invención también proporciona un cable que es reticulable y un cable reticulado.

Por consiguiente, el proceso de fabricación del cable comprende opcionalmente una etapa posterior adicional de b) reticular un polímero reticulable, por ejemplo una composición de polímero reticulable, en al menos una capa de cable del cable obtenido, en donde la reticulación se efectúa en presencia de un agente de reticulación, que preferentemente es un peróxido. Normalmente, la temperatura de reticulación es al menos 20 °C superior a la

temperatura usada en la etapa de fusión-mezcla y se puede estimar por un experto.

Los procesos y dispositivos de fabricación y reticulación utilizables son conocidos y están bien documentados en la bibliografía.

5 Métodos de determinación

A menos que se establezca de otro modo, se usaron los siguientes métodos para determinar las propiedades del copolímero de PE como se da en la descripción o en la parte experimental y las reivindicaciones más adelante.

10 Índice de fusión

15 La velocidad de flujo del fundido (MFR) se determina según ISO 1133 y se indica en g/10 min. La MFR es una indicación de la viscosidad del fundido del polímero. La MFR se determina a 190 °C para PE. La carga bajo la que se determina la velocidad de flujo del fundido se indica normalmente como un subíndice, por ejemplo MFR₂ se mide bajo 2,16 kg de carga (condición D), MFR₅ se mide bajo 5 kg de carga (condición T) o MFR₂₁ se mide bajo 21,6 kg de carga (condición G).

20 La cantidad FRR (relación de caudal) es una indicación de la distribución de pesos moleculares e indica la relación de caudales a diferentes cargas. Así, FRR_{21/2} indica el valor de MFR₂₁/MFR₂.

Contenido de comonomero (RMN)

25 El contenido de comonomero se determinó por espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) cuantitativa, RMN 13C, después de la asignación básica (por ejemplo, "NMR Spectra of Polymers and Polymer Additives", A. J. Brandolini y D. D. Hills, 2000, Marcel Dekker, Inc. New York). Se ajustaron los parámetros experimentales para garantizar la medición de espectros cuantitativos para esta tarea específica (por ejemplo, "200 and More NMR Experiments: A Practical Course", S. Berger and S. Braun, 2004, Wiley-VCH, Weinheim). Se registraron los espectros de RMN 13C en el espectrómetro Bruker 400 MHz a 130 °C de muestras disueltas en 1,2,4-triclorobenceno/benceno-d6 (90/10 peso/peso). Las cantidades se calcularon usando relaciones corregidas simples de las integrales de señales de sitios representativos de un modo conocido en la técnica.

Densidad

35 Se midió la densidad del polímero según ISO 1183 / 1872-2B.

Con el fin de la presente invención, la densidad de la combinación se puede calcular a partir de las densidades de los componentes según:

$$40 \quad \rho_b = \sum w_i \cdot \rho_i$$

donde ρ_b es la densidad de la combinación,
 w_i es la fracción en peso del componente "i" en la combinación y
 ρ_i es la densidad del componente "i".

45 Peso molecular

Se miden Mz, Mw, Mn y MWD por cromatografía de exclusión molecular (GPC) según el siguiente método:

50 El peso molecular medio ponderal Mw y la distribución de pesos moleculares (MWD = Mw/Mn en donde Mn es el peso molecular medio numérico y Mw es el peso molecular medio ponderal; Mz es el peso molecular medio Z) se mide según ISO 16014-4:2003 y ASTM D 6474-99. Se usó un instrumento Waters GPCV2000, equipado con detector del índice de refracción y viscosímetro en línea con 2 x columnas de gel GMHXL-HT y 1x G7000HXL-HT TSK de Tosoh Bioscience y 1,2,4-triclorobenceno (TCB, estabilizado con 250 mg/L de 2,6-di terc-butyl-4-metil-fenol) como disolvente a 140 °C y a un caudal constante de 1 mL/min. Se inyectaron 209,5 µL de disolución de muestra por análisis. La columna se calibró usando calibración universal (según ISO 16014-2:2003) con al menos 15 patrones de poliestireno (PS) de MWD estrecho en el intervalo de 1 kg/mol a 12.000 kg/mol. Se usaron las constantes de Mark Houwink como se dan en ASTM D 6474-99. Todas las muestras se prepararon disolviendo 0,5 - 4,0 mg de polímero en 4 mL (a 140 °C) de TCB estabilizado (mismo que la fase móvil) y manteniendo durante como máximo 3 horas a una temperatura máxima de 160 °C con agitación suave continua antes del muestreo en el instrumento de GPC.

Módulo de flexión

65 Se determinó el módulo de flexión según ISO 178. Los especímenes de prueba fueron 80 x 10 x 4,0 mm (longitud x anchura x espesor). La longitud de la luz entre los soportes fue 64 mm, la velocidad del ensayo fue 2 mm/min y la

celda de carga fue 100 N. El equipo usado fue un Alwetron TCT 25.

Temperatura de distorsión térmica (HDT): Ensayo de presión a alta temperatura para materiales de aislamiento y envoltura sobre placas

5 La evaluación de la temperatura de distorsión térmica se basa en EN60811-3-1:1995, con una configuración experimental ligeramente variada para permitir el ensayo de las placas. - véase la Figura 1.

10 Los especímenes de ensayo moldeados por compresión tuvieron un espesor de 2 mm. Estos se dispusieron encima de un hilo con 3 mm de diámetro. El dispositivo de indentación se muestra en la norma EN60811-3-1 y consiste en una cuchilla rectangular con un borde de $0,70 \pm 0,01$ mm de ancho, que se dispone encima del espécimen de ensayo.

15 La fuerza F en Newtons, que es ejercida por la cuchilla sobre el espécimen de ensayo, se da por la fórmula:

$$F = 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot D \cdot \delta - \delta^2} \quad (\text{tomada de EN60811-3-8, para núcleos } \leq 15\text{mm}), \text{ mientras que D se define como:}$$

$$D = 2 \cdot \delta + d$$

20 F = fuerza aplicada sobre la muestra en [N]
 δ = valor medio del espesor de la placa de ensayo en [mm]
 d = diámetro del hilo en [mm]
 D = diámetro externo calculado de un cable con tamaño de conductor d y espesor de aislamiento δ en [mm]

25 Calentamiento de muestras cargadas:

30 El ensayo se lleva a cabo en un horno de aire. La temperatura es constante durante todo el ensayo al valor especificado para el ensayo. La muestra cargada, pero no precalentada, se mantiene en la posición de ensayo durante 4 horas. Al final de las 4 horas, se enfrían rápidamente los especímenes de ensayo bajo carga. Esto se hace pulverizando el espécimen de ensayo con agua fría en el sitio donde está comprimiendo la cuchilla. Se retira el espécimen de ensayo del aparato, cuando se ha enfriado hasta una temperatura donde ya no ocurre la recuperación del aislamiento. El espécimen de ensayo se enfría entonces adicionalmente en un baño de agua hasta temperatura ambiente.

35 Medición de la indentación:

40 Inmediatamente después del enfriamiento, la muestra se debe preparar para la medición de la indentación. La muestra se corta a lo largo de la línea donde el hilo estaba en contacto con la placa. La indentación de la cuchilla se mide con un microscopio. La indentación se determina como la diferencia entre las mediciones de microscopio sobre la indentación y un sitio 3-5 mm desde la indentación en la superficie de corte de la muestra.

Evaluación de resultados

45 El resultado se da como la relación de la profundidad de indentación y el espesor de muestra en porcentaje. La mediana de los valores de indentación medidos en tres especímenes de prueba no debe ser superior a 50 %. Si es superior a 50 %, se considera que la muestra no ha pasado el ensayo.

Parte experimental:

50 Se prepararon los Ejemplos 1-4 como se describe más adelante y representaron el polímero de SS-PE multimodal y la composición de polímero de la invención.

55 Ejemplo 1: fue una combinación de dos copolímeros de polietileno comercialmente disponibles producidos usando un catalizador de sitio único, concretamente 45 % en peso de Elite 5401 (Comonomero: octeno, densidad 918 kg/m^3 y MFR_2 de $1,0 \text{ g/10 min}$, proveedor Dow) como el componente de densidad más alta A y 55 % en peso de Exact 0203 (Comonomero: octeno, densidad de 902 kg/m^3 , MFR_2 de $3,0 \text{ g/min}$, proveedor ExxonMobil) como el componente de densidad más baja B. Se combinaron mecánicamente entre sí los componentes usando una prensa extrusora comercial, concretamente la mezcladora BUSS (602) (Proveedor BUSS). La densidad final de la composición de polímero bimodal homogeneizada fue 910 kg/m^3 .

60 Ejemplo 2: fue una combinación de dos copolímeros de polietileno comercialmente disponibles producidos usando un catalizador de sitio único, concretamente 53 % en peso de Finacene ER2245 (Comonomero: hexeno, densidad de 934 kg/m^3 , MFR_2 de $0,9 \text{ g/10 min}$, proveedor Total Petrochemicals) como el componente de densidad más alta A y 47 % en peso de Exact 8201 (Comonomero: octeno, densidad de 882 kg/m^3 , MFR_2 de $1,1$

g/10 min, proveedor ExxonMobil) como el componente de densidad más baja B. Se combinaron mecánicamente entre sí los componentes usando una prensa extrusora comercial, concretamente la mezcladora BUSS (602) (Proveedor BUSS). La densidad final de la composición de polímero bimodal homogeneizada fue 910 kg/m³.

5 Ejemplo 3: fue una combinación de dos copolímeros de PE unimodales producidos usando un catalizador de sitio
 único, concretamente 50 % en peso de copolímero de etileno (Comonomero: hexeno, densidad de 920 kg/m³,
 MFR₂₁ de 1,8 g/10 min) como el componente de densidad más alta A y 50 % en peso de copolímero de etileno
 10 (Comonomero: hexeno, densidad de 899 kg/m³, MFR₂ de 1,2 g/10 min) como el componente de densidad más
 baja B. Los componentes se prepararon por separado en un reactor de polimerización de 8 L a escala de
 laboratorio equipado con alimentaciones continuas para etileno y comonomero en las condiciones de
 polimerización expuestas en la Tabla 1. Se combinó la mezcla usando una prensa extrusora comercial Clextral
 equipada con una hilera de mezcla de multi-alargamiento, temperatura de la prensa extrusora <270 °C. La
 densidad final de la composición de polímero bimodal homogeneizada fue 916 kg/m³ y MFR₂ fue 0,3 g/10 min.

15 Ejemplo 4: fue una combinación de dos copolímeros de PE unimodales producidos usando un catalizador de sitio
 único, concretamente 48 % en peso de copolímero de etileno (Comonomero: hexeno, densidad de 910 kg/m³,
 MFR₂₁ de 0,8 g/10 min) como el componente de densidad más alta A y 52 % en peso de copolímero de etileno
 20 (Comonomero: hexeno, densidad de 899 kg/m³, MFR₂ de 1,2 g/10 min) como el componente de densidad más
 baja B (= componente B del Ejemplo 3). Los componentes se prepararon por separado en un reactor de
 polimerización de 8 L a escala de laboratorio equipado con alimentaciones continuas para etileno y comonomero
 en las condiciones de polimerización expuestas en la Tabla 1. Se combinó la mezcla usando una prensa
 extrusora comercial Clextral equipada con una hilera de mezcla de multi-alargamiento, temperatura de la prensa
 extrusora <270 °C. La densidad final de la composición de polímero bimodal homogeneizada fue 909 kg/m³ y
 MFR₂ fue 0,3 g/10 min.

25 Se usó el mismo catalizador de metaloceno para polimerizar los componentes de copolímero de PE de densidad
 más baja y más alta A y B del Ejemplo 3 y los componentes de copolímero de PE de densidad más baja y más alta
 A y B del Ej. de preparación de catalizador para los componentes A y B del Ejemplo 3 y del Ejemplo 4:

30 Catalizador 1

El complejo de catalizador usado en los ejemplos de polimerización fue bis(n-butilciclopentadienil)hafnio-dibencilo,
 ((n-BuCp)₂Hf(CH₂Ph)₂), y se preparó según el "Ejemplo 2 de preparación de catalizador" del documento de patente
 WO2005/002744, a partir de dicloruro de bis(n-butilciclopentadienil)hafnio (suministrado por Witco).

35 Se mezclaron 12,4 kg de 30 % en peso de metilalumoxano en tolueno (MAO, suministrado por Albemarle), 281 g de
 (n-BuCp)₂Hf(CH₂Ph)₂ en tolueno (67,9 % en peso, suministrado por Degussa) y 3,6 kg de tolueno durante 2 horas a
 40 rpm a temperatura ambiente. El reactor se lavó cuidadosamente con tolueno antes de la reacción.

40 Entonces se transfirió la disolución resultante a un reactor de 160 L sobre 10,0 kg de sílice activada (soporte de
 sílice comercial, XPO2485A, que tiene un tamaño medio de partículas 20 µm, proveedor: Grace, se calcinó a 600 °C
 durante 4 horas) y se mezcló a 40 rpm durante 2 horas a 20 °C.

45 Se secó el catalizador con mezcla a 15 rpm bajo purga de nitrógeno a 60 °C durante 2 horas, y a partir de aquí se
 secó con vacío a 65 °C durante 4 horas.

El catalizador obtenido tuvo una relación en moles de Al/Hf de 200, una concentración de Hf de 0,33 % en peso y
 una concentración de Al de 11,2 % en peso.

50 Tabla 1. Condiciones de polimerización para componentes de los Ejemplos 3 y 4

Polimerización de PE	Componente de densidad más alta A del Ejemplo 3	Componente de densidad más alta A del Ejemplo 4	Componente de densidad más baja B del Ejemplo 3 y Ejemplo 4
Catalizador	Cat,1	Cat,1	Cat,1
Cantidad de cat. (g)	5,05	4,35	5,14
Temp. del reactor (°C)	60	60	75
Cantidad de i-C4 (mL)	3800	3800	3800
Hidrógeno (ppm en C2)	0	0	500
Comonomero	Hexeno	Hexeno	Hexeno
Cantidad de comonomero (% en peso de iBu)	1,8	3,5	8,8
Presión parcial de C2 (bar)	11,2	8,8	7,4
Presión total (bar)	20	17,5	19

Polimerización de PE	Componente de densidad más alta A del Ejemplo 3	Componente de densidad más alta A del Ejemplo 4	Componente de densidad más baja B del Ejemplo 3 y Ejemplo 4
Tiempo de ejecución total (min)	45	60	45
Cantidad de polímero (g)	2300	2750	2100
MFR 2 (polvo)			1,2
MFR 21 (polvo)	1,8	0,8	23
Densidad	920	909	899
Contenido de C6/polvo (% en peso)	4,2	5,8	9,3
MWD	3,0	3,6	2,6
Mw (g/mol)	255000	389000	125000

5 Como ejemplo de referencia (comparativo), se usó una combinación de polímeros de polietileno de baja densidad (LDPE) producidos en un reactor tubular a alta presión. Combinación de LDPE: 95 % en peso de un LDPE convencional y 5 % en peso de un copolímero de LDPE-etileno convencional con acetato de vinilo (contenido de AV 28 % en peso), densidad de la combinación 918 kg/m³, MFR₂ de 0,2 g/10 min. La combinación representa una referencia de calidad comercial para aplicaciones en capas de cables H y C producidos por Borealis, Suecia.

10 La Tabla 2 resume los componentes de combinación de los Ejemplos 1-4. La realización preferible del equilibrio de propiedades entre la flexibilidad y HDT pasada a 115 °C se muestra en la Tabla 3.

Tabla 2: Densidad, MFR₂ / MFR₂₁ y M_w de cada componente usado en las mezclas de VLD.

Combinación	Componente de densidad más alta A				Densidad más baja componente B			
	Densidad (kg/m ³)	MFR ₂₁ (g/10 min)	M _w	Fracción (%)	Densidad (kg/m ³)	MFR ₂ (g/10 min)	M _w	Fracción (%)
Ej. 1	918	1,0 (MFR ₂)	120.000	45	902	3,0	80.000	55
Ej. 2	934	0,9 (MFR ₂)	100.000	53	882	1,1	100.000	47
Ej. 3	920	1,8	255.000	50	899	1,2	125.000	50
Ej. 4	909	0,8	389.000	48	899	1,2	125.000	52

Tabla 3: HDT y módulo de flexión para el Cp = la composición de polímero obtenida de los Ejemplos inventivos 1-4.

Ejemplo	Pasa HDT a temp. de	Módulo de flexión (MPa)	Densidad de Cp (kg/m ³)	MFR ₂ de Cp g/10 min
Ej. inv. 1	No	130	910	
Ej. inv. 2	115 °C	200	910	
Ej. inv. 3	115 °C	240	916	0,3
Ej. inv. 4	110 °C	160	909	0,3
Ej. de referencia	No	220		

REIVINDICACIONES

1. Un cable que comprende un conductor rodeado por una o más capas, en donde al menos una capa comprende la composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómero(s), en donde el copolímero de etileno multimodal comprende
- (A) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta que tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³, y
- (B) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja que tiene una densidad de desde menos de 925 kg/m³,
- en donde el copolímero de etileno multimodal tiene una densidad de 900 a 918 kg/m³ y un módulo de flexión (determinado según ISO 178) de 350 MPa o menos;
- en donde el polímero de etileno de densidad más alta (A) y el polímero de etileno de densidad más baja (B) son obtenibles polimerizando etileno en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para dicho catalizador;
- en donde la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos 20 kg/m³;
- y en donde la capa que comprende dicha composición de polímero es una capa de encamisado.
2. El cable según la reivindicación 1, en donde el copolímero de etileno multimodal tiene la densidad de desde 905 hasta 918 kg/m³.
3. El cable según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el copolímero de etileno multimodal tiene un módulo de flexión de 300 MPa o menos, preferentemente de desde 80 hasta 280 MPa, más preferentemente de desde 100 hasta 280 MPa.
4. El cable según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el copolímero de etileno multimodal comprende:
- (A) desde 10 hasta 90% en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta y una o más alfa-olefina(s) que tienen desde 3 hasta 20 átomos de carbono, y
- (B) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja y una o más alfa-olefinas que tienen desde 3 hasta 20 átomos de carbono.
5. El cable según cualquier reivindicación precedente, en donde el polímero de etileno de densidad más baja (B) tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³, preferentemente desde 870 hasta 915 kg/m³, más preferentemente 880 hasta 910 kg/m³.
6. El cable según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el copolímero de etileno multimodal comprende
- la cantidad de copolímero de etileno de densidad más alta (A) es de 10 a 90, preferentemente de 30 a 70, más preferentemente de 40 a 60, % en peso; y
 - la cantidad de copolímero de etileno de densidad más baja (B) es de 10 a 90, preferentemente de 30 a 70 más preferentemente de 40 a 60, % en peso; basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B).
7. El cable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el copolímero de densidad más alta (A) es un copolímero de etileno y una o más alfa-olefina(s) que tienen desde 3 hasta 10 átomos de carbono, preferentemente 4 hasta 8 átomos de carbono, y el copolímero de densidad más baja (B) es un copolímero de etileno y una o más alfa-olefina(s) que tienen desde 3 hasta 10 átomos de carbono, preferentemente 4 hasta 8 átomos de carbono.
8. El cable según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el copolímero de etileno multimodal de la composición de polímero tiene al menos una de las siguientes propiedades:
- (i) una MWD (Mn/Mw) de desde 1,5 hasta 20, preferentemente desde 2,0 hasta 15, preferentemente desde 2,5 hasta 10,0,
 - (ii) índice de fusión MFR₂ de desde MFR₂ de desde 0,1 hasta 5,0 g/10 min, preferentemente desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, más preferentemente desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min, o
 - (iii) La densidad del copolímero de polietileno de desde 905 hasta 918 kg/m³, el módulo de flexión inferior a 300 MPa y el copolímero de polietileno comprende el copolímero de etileno de densidad más baja (B) que tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³,
- preferentemente el copolímero de etileno multimodal tiene al menos dos, más preferentemente todas las propiedades anteriores (i) a (iii).

9. Un proceso de producción de un cable según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende aplicar, preferentemente coextruir, una o más capas sobre un conductor.
- 5 10. Una composición de polímero que comprende un copolímero de etileno multimodal con uno o más comonómeros obtenidos en presencia de un catalizador de sitio único y un activador para ese catalizador, en donde el copolímero de etileno multimodal comprende:
- 10 (A) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más alta que tiene una densidad de desde 918 hasta 937 kg/m³, y
- (B) desde 10 hasta 90 % en peso, basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B), de un copolímero de etileno de densidad más baja que tiene una densidad de desde menos de 925 kg/m³, en donde el copolímero de etileno multimodal tiene una densidad de 900 a 918 kg/m³ y un módulo de flexión (determinado según ISO178) de 350 MPa o menos y MFR₂ de 0,1 a 5 g/10 min; y
- 15 en donde la diferencia de densidad entre el componente (A) y (B) de la composición de polímero es al menos 20 kg/m³.
11. La composición de polímero según la reivindicación 10, en donde el copolímero de etileno multimodal tiene el módulo de flexión de 300 MPa o menos, preferentemente de desde 80 hasta 280 MPa, más preferentemente de desde 100 hasta 280 MPa, y MFR₂ de desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente de desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, más preferentemente de desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min, y la densidad de desde 900 hasta 920 kg/m³, más preferentemente desde 905 hasta 918 kg/m³.
- 20 12. La composición de polímero según la reivindicación 10 u 11, el copolímero de etileno multimodal de la composición de polímero tiene al menos una, preferentemente dos o más, en cualquier combinación, de las siguientes propiedades:
- 25 (i) el polímero de etileno de densidad más baja (B) tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³, preferentemente desde 870 hasta 915 kg/m³, más preferentemente 880 hasta 910 kg/m³,
- 30 (ii) la cantidad de copolímero de etileno de densidad más alta (A) es de 30 a 70, preferentemente de 40 a 60, preferentemente de 45 a 55, más preferentemente de 48 a 54, % en peso y la cantidad de copolímero de etileno de densidad más baja (B) es de 70 a 30, preferentemente de 60 a 40, preferentemente de 55 a 45, más preferentemente de 52 a 46, % en peso; basado en la cantidad combinada de componentes (A) y (B),
- (iii) una MWD (Mn/Mw) de desde 1,5 hasta 20, preferentemente desde 2,0 hasta 15, preferentemente desde 2,5 hasta 10,0,
- 35 (iv) índice de fusión MFR₂ de desde 0,1 hasta 3,0 g/10 min, preferentemente desde 0,15 hasta 2,5 g/10 min, preferentemente desde 0,2 hasta 2,0 g/10 min, o
- (v) la densidad del copolímero de polietileno de desde 905 hasta 918 kg/m³, el módulo de flexión inferior a 300 MPa y el copolímero de polietileno comprende el copolímero de etileno de densidad más baja (B) que tiene una densidad de desde 870 hasta 925 kg/m³,
- 40 - preferentemente el copolímero de etileno multimodal tiene al menos dos, más preferentemente todas las propiedades anteriores (i) a (v).
- 45 13. El uso de la composición de polímero según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 para producir cables, preferentemente para producir una capa de cable, preferentemente una capa de encamisado, más preferentemente para su uso como la composición de polímero del cable de cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-9.

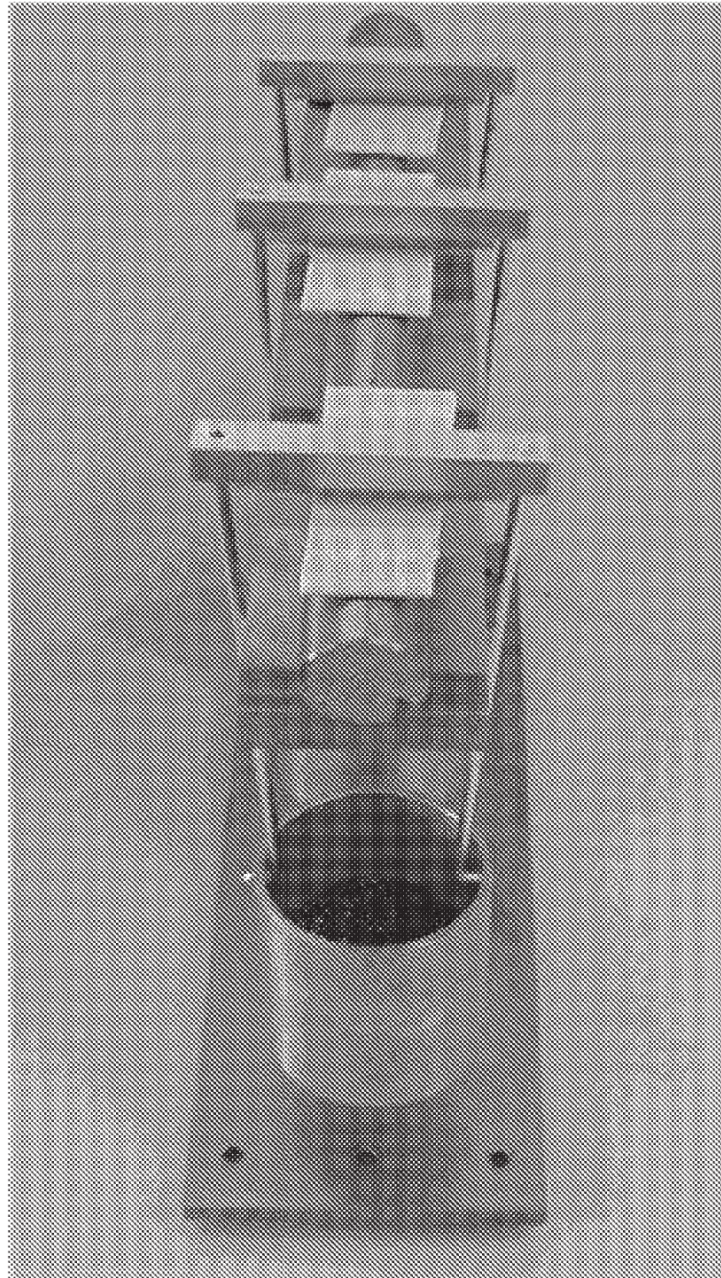


Fig. 1