

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 524**

51 Int. Cl.:

H01B 13/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2015** **E 15201031 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 3182422**

54 Título: **Proceso para la fabricación de un cable de alimentación y cable de alimentación obtenible del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

FAGRELL, OLA;
WANNERSKOG, ÅSA;
GALANTE, FRANCISCO y
WALTER, PETER

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 720 524 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso para la fabricación de un cable de alimentación y cable de alimentación obtenible del mismo

5 **Sector de la invención**

La presente invención se refiere a un nuevo proceso para la fabricación de un cable de alimentación, a un cable de alimentación que puede obtenerse mediante el proceso y al uso del cable de alimentación.

10 **Antecedentes**

En aplicaciones de alambres y cables (W&C), un cable habitual comprende un conductor rodeado por una o varias capas de materiales poliméricos. Los cables se fabrican habitualmente mediante la extrusión de las capas sobre un conductor. Una o varias de dichas capas a menudo se reticulan para mejorar la resistencia a la deformación a elevadas temperaturas, por ejemplo, así como la resistencia mecánica y/o la resistencia química, de la capa o capas del cable.

La reticulación de los polímeros se puede conseguir, por ejemplo, mediante la reacción de los radicales libres utilizando la irradiación o utilizando un agente de reticulación que es un agente de generación de radicales libres; o a través de los grupos silano hidrolizables presentes en el polímero utilizando un catalizador de condensación en presencia de agua.

Los cables de alimentación se definen como cables de transferencia de energía que funcionan a cualquier nivel de tensión. La tensión aplicada a un cable de alimentación puede ser alterna (CA), continua (CC) o transitoria (impulso). Además, los cables de alimentación suelen indicarse de acuerdo con su nivel de tensión de funcionamiento, por ejemplo, un cable de alimentación de baja tensión (LV, low voltage), media tensión (MV, medium voltage), alta tensión (HV, high voltage) o tensión extra alta (EHV, extra high voltage), términos que son bien conocidos. El cable de alimentación se define como un cable de transferencia de energía que funciona a cualquier nivel de tensión, que funciona habitualmente a una tensión superior a los 100 V. El cable de alimentación LV funciona habitualmente a tensiones inferiores a los 3 kV. Los cables de alimentación MV y HV funcionan a niveles de tensión más altos y en aplicaciones diferentes a los cables LV. Un cable de alimentación MV habitual generalmente funciona a tensiones de 3 a 36 kV, y un cable de alimentación HV habitual funciona a tensiones superiores a los 36 kV. El cable de alimentación EHV funciona a tensiones que son incluso más altas que las utilizadas habitualmente para las aplicaciones de cables de alimentación HV. El cable de alimentación LV y, en alguna realización los cables de alimentación de media tensión (MT), generalmente comprenden un conductor eléctrico que está recubierto con una capa de aislamiento. Habitualmente, los cables de alimentación MV y HV comprenden un conductor rodeado, por lo menos, por una capa semiconductor interna, una capa de aislamiento y una capa semiconductor externa, y en ese orden.

Los materiales reticulados con silano se han utilizado principalmente como capa de aislamiento en cables de baja tensión y como capa de aislamiento y semiconductor en cables de media tensión y, en cierta medida también, de alta tensión.

Además, en el documento WO 2007/071274 se analiza la necesidad de que un cable sea flexible en diferentes aplicaciones. Se da a conocer que para que sea instalado correctamente con operaciones simples y rápidas, un cable tiene que ser particularmente flexible, de modo que pueda ser introducido en los pasos de la pared y/o en los conductos de la pared y seguir las curvas de la trayectoria de la instalación sin sufrir daños. Y se da a conocer asimismo que el aumento de la flexibilidad de un cable eléctrico puede reducir los daños en el cable durante la instalación del cliente, causados por rasgaduras o raspaduras. Además, se da a conocer que la flexibilidad del cable se puede aumentar dotando al cable de una capa aislante expandida, con resultados favorables en el proceso de instalación del cable.

Además, en el documento WO 2007/071274 se menciona la observación "de que si se intenta expandir y reticular una poliolefina, el grado de expansión, en general, no puede controlarse, siendo excesivo o insuficiente".

Y, en consecuencia, el documento WO 2007/071274 se refiere a un proceso para fabricar un cable eléctrico que comprende un recubrimiento aislante de un material de poliolefina expandido y reticulado con silano, en el que el proceso comprende formar una mezcla de un material de poliolefina, un sistema de reticulación basado en silano y un sistema de formación de espuma.

Sin embargo, todavía existe la necesidad de un proceso para fabricar un cable de alimentación que tenga una capa de aislamiento expandida y reticulada donde los parámetros del proceso puedan optimizarse sin tener que tener en cuenta durante la extrusión un proceso de injerto de silano reactivo.

Descripción de la invención

Ahora se ha desarrollado un proceso para fabricar un cable de alimentación que tiene una capa de aislamiento expandida y reticulada, en el que los parámetros del proceso se pueden optimizar sin tener que tener en cuenta un proceso de injerto de silano reactivo durante la extrusión.

Por lo tanto, la presente invención se refiere a un proceso para fabricar un cable de alimentación, cable de alimentación que comprende, por lo menos, un núcleo que comprende un conductor y una capa de aislamiento expandida y reticulada que rodea dicho conductor, en el que dicho proceso comprende las etapas a) a d):

a) proporcionar una mezcla de:

una composición polimérica que comprende un material de poliolefina, material de poliolefina que lleva fracciones de silano,

un catalizador y

un sistema de formación de espuma, en el que la mezcla proporcionada comprenderá, por lo menos, el 0,1 % en peso de un agente espumante, con respecto al peso total del material de poliolefina;

b) extruir una mezcla, como se describe en la etapa a), sobre el conductor para formar una capa de aislamiento;

c) espumar la capa de aislamiento; y

d) reticular la capa de aislamiento.

El proceso para fabricar un cable de alimentación de acuerdo con la presente invención implica una extrusión sin injerto reactivo cuando se extruye el cable, lo que ha hecho de dicho proceso una ventana de procesamiento sorprendentemente amplia. La adición de las fracciones de silano a las cadenas poliméricas del material de poliolefina se realiza en una etapa separada, antes de dicho proceso para fabricar el cable de alimentación. Las fracciones de silano se añaden a las cadenas poliméricas del material de poliolefina mediante injerto con peróxido de grupos silano de las fracciones de silano sobre las cadenas poliméricas, lo cual está bien descrito en los documentos US...3646155 y US...4117195, respectivamente, o mediante la copolimerización de grupos silano de las fracciones de silano directamente en un reactor de alta presión, lo cual está bien descrito en el documento EP0193317.

Dicha etapa separada de adición de las fracciones de silano en las cadenas de polímero del material de poliolefina permite un buen control de las propiedades reológicas y la adición de silano en la cadena polimérica, antes de incluir el material de poliolefina en dicho proceso para fabricar un cable de alimentación. El proceso para fabricar un cable de alimentación de acuerdo con la presente invención hace posible optimizar el proceso (por ejemplo, diseño de los tornillos, presión, temperatura, salida, etc.), la mezcla de objetivos y homogeneización de los componentes en la primera parte de la extrusora, seguido por optimización de las propiedades de formación de espuma (por ejemplo, el grado de formación de espuma, y la estructura, el tamaño y la distribución de las celdas en el aislamiento del cable) en la parte de extremo de la extrusora, la matriz y la salida de la cabeza de la extrusora.

Además, también se ha demostrado que con el presente proceso para fabricar un cable de alimentación es posible realizar la etapa de extrusión utilizando extrusoras ordinarias y aún así lograr velocidades de salida aceptables.

El presente proceso para fabricar un cable de alimentación proporciona un buen control de la calidad del cable de alimentación final, y la capa de aislamiento expandida y reticulada, ya que los parámetros de procesamiento se pueden optimizar más para la etapa de formación de espuma cuando no hay necesidad de considerar injertos.

Además, el proceso actual para fabricar un cable de alimentación, con los beneficios que se describen en este documento, también se ha demostrado que produce menos desechos y ha permitido ejecutar campañas de producción más largas sin reticulación previa en la extrusora, lo que significa menos tiempo para la limpieza y más para producción.

El proceso de la presente invención, para fabricar un cable de alimentación, puede comprender cualquier extrusora ordinaria, por ejemplo, una extrusora de un solo tornillo.

El grado de formación de espuma se puede controlar cambiando los parámetros de extrusión, como por ejemplo, ajustando los ajustes de temperatura en la extrusora y/o la cabeza de la extrusora, la velocidad de la línea, la velocidad del tornillo, la posición de la matriz de la extrusora, la posición del baño de enfriamiento y la temperatura del agua de enfriamiento.

La reticulación del núcleo del cable se produce cuando se expone al agua y habitualmente se realiza en condiciones ambientales o en una sauna de vapor o en un depósito de agua que tiene una temperatura de aproximadamente 70 a 90 °C, por ejemplo, de aproximadamente 80 a 90 °C.

- 5 El cable de alimentación producido por el proceso de la presente invención puede ser un cable LV, MV o HV, por ejemplo, un cable de LV o MV, por ejemplo, un cable LV.

Además, el núcleo del cable de alimentación comprende un conductor y una capa de aislamiento expandida y reticulada que rodea dicho conductor. El cable de alimentación puede comprender uno o varios núcleos de cable de alimentación, por ejemplo, 1, 3, 4 o 5 núcleos de cable de alimentación. Los cables de alimentación de múltiples núcleos habitualmente se trenzan juntos antes de la operación de encamisado. Además, el cable de alimentación puede comprender otras capas que pueden agregar otras propiedades al cable de alimentación final. Tales otras capas pueden ser, por ejemplo, cintas, soportes, pantallas metálicas o camisas.

- 15 La composición polimérica comprende un material de poliolefina, material de poliolefina que lleva fracciones de silano, es decir, dicho material de poliolefina comprende una poliolefina reticulable con grupos silano hidrolizables.

La poliolefina reticulable del material polimérico puede comprender, por ejemplo, un polietileno con grupos silano hidrolizables, o la poliolefina reticulable puede, por ejemplo, consistir en un polietileno con grupos silano hidrolizables.

Además, la poliolefina reticulable del material polimérico puede comprender, por ejemplo, un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables, o la poliolefina reticulable puede, por ejemplo, consistir en un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables.

Los grupos silano hidrolizables pueden introducirse en la poliolefina mediante copolimerización de, por ejemplo, comonómeros que contienen grupos etileno y silano o mediante injerto, es decir, mediante modificación química de la poliolefina mediante la adición de compuestos que contienen silano, principalmente en una reacción de radicales. Ambas técnicas son bien conocidas en la técnica.

Además, la poliolefina reticulable con grupos silano hidrolizables puede obtenerse mediante copolimerización. En el caso de que la poliolefina sea, por ejemplo, polietileno, la copolimerización se puede llevar a cabo con un compuesto de silano insaturado representado por la fórmula I



donde

40 **R¹** es un grupo alquilo, alquiloxi o (met)acriloxi-alquilo etilénicamente insaturado,

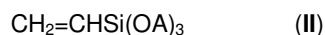
R² es un grupo alquilo saturado alifático,

Y, que puede ser igual o diferente, es un grupo orgánico hidrolizable y

45 **q** es 0, 1 o 2.

Ejemplos especiales del compuesto de silano insaturado son aquellos en los que **R¹** es vinilo, alilo, isopropenilo, butenilo, ciclohexanilo o gamma-(met)acriloxi propilo; **Y** es metoxi, etoxi, formiloxi, acetoxi, propioniloxi o un grupo alquilo o arilamino; y **R²**, si está presente, es un grupo metilo, etilo, propilo, decilo o fenilo.

50 En una realización el compuesto de silano insaturado puede estar representado por la fórmula II



55 donde **A** es un grupo alquilo que tiene de 1 a 8 átomos de carbono, por ejemplo, de 1 a 4 átomos de carbono.

En realizaciones adicionales de la presente invención, el compuesto de silano puede ser, por ejemplo, trimetoxisilano de vinilo, bismetoxietoxisilano de vinilo, trietoxisilano de vinilo, gamma(met)acriloxipropiltrimetoxisilano, gamma(met)acriloxipropiltriethoxisilano o triacetoxisilano de vinilo.

60 Dicha copolimerización se puede llevar a cabo bajo cualesquiera condiciones adecuadas que den como resultado la copolimerización de dos monómeros.

Además, la copolimerización se puede implementar en presencia de uno o varios otros comonómeros que pueden copolimerizarse con los dos monómeros. Tales comonómeros incluyen, por ejemplo, ésteres de carboxilato de vinilo, tales como acetato de vinilo y pivalato de vinilo, alfa-olefinas, tales como propeno, 1-buteno, 1-hexano, 1-octeno y 4-

metil-1-penteno, (met)acrilatos, tales como (met)acrilato de metilo, (met)acrilato de etilo y (met)acrilato de butilo, ácidos carboxílicos olefínicamente insaturados, tales como ácido (met)acrílico, ácido maleico y ácido fumárico, derivados del ácido (met)acrílico, tales como (met)acrilonitrilo y amida (met)acrílica, éteres de vinilo, tales como metiléter de vinilo y feniléter de vinilo, y compuestos vinílicos aromáticos, tales como estireno y alfa-etilestireno.

5 En otras realizaciones adicionales de la presente invención, dichos comonómeros pueden ser ésteres de vinilo de ácidos monocarboxílicos que tienen de 1 a 4 átomos de carbono, tales como acetato de vinilo y/o (met)acrilato de alcoholes que tienen de 1 a 4 átomos de carbono, tales como metil(met)-acrilato.

10 En aún otras realizaciones adicionales de la presente invención, se dan a conocer los comonómeros: acrilato de butilo, acrilato de etilo y/o acrilato de metilo.

15 Se pueden usar en combinación dos o varios comonómeros, como cualquiera de los compuestos olefínicamente insaturados descritos en el presente documento. El término "ácido (met)acrílico" pretende abarcar tanto el ácido acrílico como el ácido metacrílico. El contenido de comonómero del copolímero puede ascender al 70 % en peso del copolímero, por ejemplo, aproximadamente del 0,5 al 35 % en peso, por ejemplo, aproximadamente del 1 al 30 % en peso.

20 Si se utiliza un polímero de injerto, este se puede haber producido, por ejemplo, mediante cualquiera de los dos procedimientos descritos en los documentos US3646155 y US4117195, respectivamente.

25 En una realización de la presente invención, el material polimérico, como se describe en este documento, comprende un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables, por ejemplo, consiste en un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables.

La poliolefina con grupos silano hidrolizables, que está comprendida en el material polimérico de acuerdo con la presente invención, puede comprender del 0,001 al 15 % en peso de compuesto de silano, por ejemplo, del 0,01 al 5 % en peso, por ejemplo, del 0,1 al 2 % en peso.

30 Además, el proceso de la presente invención comprende proporcionar una mezcla de: una composición polimérica que comprende un material de poliolefina, material de poliolefina que lleva fracciones de silano, un catalizador y un sistema de formación de espuma.

35 La composición polimérica según la invención puede estar compuesta, además, de mezclas entre dicho material de poliolefina y una o varias poliolefinas adicionales con grupos silano hidrolizables, como se describe en el presente documento, y/o una o varias poliolefinas adicionales sin ningún grupo silano. La adición de poliolefinas adicionales puede ser para ajustar las propiedades, por ejemplo, formación de espuma, dureza, flexibilidad, etc., de la capa de aislamiento final. Dichas mezclas pueden ser miscibles o inmiscibles. Una adición común puede ser agregar un polímero ramificado de cadena larga, como LDPE o PP ramificado de cadena larga, con o sin fracciones de silano a un polímero ramificado de cadena corta, como LLDPE, HDPE o PP, con o sin fracciones de silano para optimizar las propiedades.

40 Preferentemente, el 50% en peso o más del polímero que comprende una fracción de silano se añade en una mezcla para mantener buenas propiedades de reticulación.

45 La composición polimérica según la invención puede comprender, además, diversos aditivos, por ejemplo, termoplásticos miscibles, antioxidantes, estabilizadores, lubricantes, cargas, pigmentos, negro de carbono y/o peróxidos.

50 Como antioxidante, se puede usar, por ejemplo, un compuesto o una mezcla de compuestos. El antioxidante puede, adecuadamente, ser compuestos neutros o ácidos, compuestos que pueden, adecuadamente, comprender un grupo fenol impedido estéricamente o grupos azufre alifáticos. Dichos compuestos se dan a conocer en el documento EP1254923 y son antioxidantes adecuados para la estabilización de poliolefinas que contienen grupos silano hidrolizables que están reticulados con un catalizador de condensación de silanol, por ejemplo, un catalizador de condensación de silanol ácido. Otros antioxidantes ejemplificados se dan a conocer en el documento WO2005003199.

55 Además, el antioxidante puede estar presente en la composición polimérica en una cantidad del 0,01 al 3 % p/p, por ejemplo, del 0,05 al 2 % p/p, o, por ejemplo, del 0,08 al 1,5 % p/p.

60 Además, dicho catalizador es un catalizador de condensación de silanol que permite la reticulación de un material de poliolefina que contiene fracciones de silano. Los catalizadores convencionales que se pueden usar son, por ejemplo, compuestos orgánicos de estaño, zinc, hierro, plomo o cobalto, tales como dibutil dilaureato de estaño (DBTDL) y dioctil dilaurato de estaño (DOTDL).

65

Otros catalizadores adecuados incluyen un catalizador de condensación de amidina, junto con ácido carboxílico como refuerzo de reticulación, véase, por ejemplo, el documento EP1985666;

5 un catalizador secundario de reticulación de amina, véase, por ejemplo, el documento EP1306392; y

catalizadores de condensación de silanol ácidos (por ejemplo, ácido sulfónico orgánico) junto con un antioxidante, véase, por ejemplo, el documento WO2006101754.

10 Otros ejemplos de ácido sulfónico orgánico como catalizadores de condensación de silanol ácido se incluyen en los documentos EP1849816 (grupo aromático que contiene ácido sulfónico), EP 1254923 (catalizador y estabilizador de ácido sulfónico), EP2657283 (ácido sulfónico y ácido carboxílico) y EP 1256593 (ácido sulfónico con grupo aromático sustituido con hidrocarbilo).

15 Además, el sistema de formación de espuma comprende un agente espumante en tal cantidad que la mezcla proporcionada comprenderá, por lo menos, el 0,1 % en peso de un agente espumante, con respecto al peso total del material de poliolefina.

20 El sistema de formación de espuma puede ser un compuesto o una mezcla de compuestos que comprenden uno o varios agentes espumantes. Además, el sistema de formación de espuma puede comprender cualesquiera agentes espumantes endotérmicos y/o exotérmicos adecuados.

25 Por "agente espumante exotérmico" se entiende en este documento un compuesto o una mezcla de compuestos que es térmicamente inestable y que se descompone para producir gas y calor dentro de un cierto intervalo de temperatura.

Además, un "agente espumante endotérmico" se refiere en este documento a un compuesto o una mezcla de compuestos que es térmicamente inestable y hace que se absorba calor mientras se genera gas dentro de un cierto intervalo de temperatura.

30 El sistema de formación de espuma puede comprender cualquier agente espumante adecuado, agente espumante que puede ser, por ejemplo, un compuesto azo, por ejemplo, azodicarbonamida, azobisisobutironitrilo o diazoaminobenceno; basado en compuesto de hidrazina o hidrazida; o basado en citrato de sodio/ácido cítrico, basado en bicarbonato de sodio o en combinaciones de citrato de sodio/ácido cítrico y bicarbonato de sodio.

35 En una realización, el sistema de formación de espuma comprende un agente espumante exotérmico.

En una realización adicional, el sistema de formación de espuma comprende un agente espumante endotérmico.

40 El agente espumante puede estar presente en una cantidad igual o inferior al 1 % en peso con respecto al peso total del material de poliolefina.

En una realización adicional, el agente espumante puede estar presente en una cantidad de 0,05 a 0,8 % en peso con respecto al peso total del material de poliolefina.

45 En otras realizaciones adicionales, el agente espumante está presente del 0,1 al 0,6 %, del 0,15 al 0,5 % o, alternativamente, del 0,2 al 0,4 % en peso con respecto al peso total del material de poliolefina.

50 En otra realización, el agente espumante está presente en una cantidad del 0,15 al 0,5 % en peso con respecto al peso total del material de poliolefina.

55 El sistema de formación de espuma se puede agregar al material poliolefínico como una mezcla maestra que comprende un material polimérico, por ejemplo, un homopolímero o copolímero de etileno tal como un copolímero de etilvinilacetato (EVA), copolímero de etileno-propileno (EPR) y copolímero de etileno-acrilato de butilo (EBA). Dicha mezcla maestra comprende una cantidad de agente espumante (exotérmico o endotérmico) del 1 % en peso al 80 % en peso, por ejemplo, del 5 % en peso al 50 % en peso, por ejemplo, del 10 % en peso al 40 % en peso, con respecto al peso total del material polimérico.

60 Además, el sistema de formación de espuma puede comprender, además, por lo menos, un activador (también conocido como "kicker"). Los activadores adecuados para el sistema de formación de espuma de la invención pueden ser compuestos de metales de transición.

Además, el sistema de formación de espuma del proceso de la invención puede comprender, además, por lo menos, un agente de nucleación. Dicho agente de nucleación puede ser un nucleador activo.

65 En una primera realización del proceso para fabricar un cable de alimentación, el material de poliolefina que lleva fracciones de silano y el sistema de formación de espuma se combinan juntos de forma adecuada mediante

combinación de una manera convencional, por ejemplo, por extrusión con una extrusora de tornillo o un amasador. La mezcla fundida obtenida del material de poliolefina que contiene fracciones de silano y el sistema de formación de espuma puede a continuación ser granulada adecuadamente. Además, los gránulos obtenidos pueden ser de cualquier tamaño y forma. Luego, el catalizador se combina junto con dichos gránulos ya sea alimentando directamente el catalizador y dichos gránulos en la extrusora o agregando el catalizador, por ejemplo, en forma de una mezcla maestra a dichos gránulos antes de la etapa de extrusión, o, alternativamente, en la etapa de extrusión, por ejemplo, alimentando por separado la mezcla maestra del catalizador en la extrusora.

En una segunda realización del proceso para fabricar un cable de alimentación, la provisión de dicha mezcla comprende que el sistema de formación de espuma se combine con el catalizador, una resina portadora y, por ejemplo, otros aditivos para formar una mezcla maestra. La resina portadora en la mezcla maestra es, por ejemplo, un material de poliolefina, por ejemplo, una resina de polietileno de baja densidad. El sistema de formación de espuma, el catalizador, la resina portadora y, por ejemplo, otros aditivos pueden, por ejemplo, combinarse entre sí mediante combinación de una manera convencional, por ejemplo, extruyendo los componentes con una extrusora de tornillo o un amasador. La mezcla fundida obtenida de la mezcla maestra puede, por ejemplo, ser granulada. La mezcla maestra se puede combinar luego con el material de poliolefina que contiene fracciones de silano para proporcionar la mezcla antes de la etapa de extrusión o en la etapa de extrusión.

En otra realización más del proceso para fabricar un cable de alimentación, la provisión de dicha mezcla comprende la combinación de la composición polimérica o una adición de parte del otro componente o componentes de la mezcla, como el sistema de formación de espuma, el catalizador o aditivo o aditivos, o cualquier mezcla de los mismos, puede llevarse a cabo durante el proceso de fabricación, por ejemplo, en una línea de producción de cables, por ejemplo, en un mezclador que precede a la extrusora de cables o en la extrusora de cables, o en ambos. La mezcla obtenida se utiliza para formar por lo menos una capa de aislamiento.

El proceso para fabricar el cable de alimentación comprende la extrusión de la mezcla proporcionada en el conductor para formar una capa de aislamiento.

Un proceso adecuado de acuerdo con el proceso para fabricar un cable de alimentación, como se describe en este documento, comprende la etapa de aplicar sobre un conductor, por ejemplo, mediante (co)extrusión, una o varias capas, en el que por lo menos una capa comprende, por ejemplo, consiste en, la mezcla proporcionada de: una composición polimérica que comprende un material de poliolefina, material de poliolefina que lleva fracciones de silano, un catalizador y un sistema de formación de espuma, en el que la mezcla proporcionada comprenderá por lo menos el 0,1 % en peso de un agente espumante, con respecto al peso total del material de poliolefina.

El término "(co)extrusión" significa en este documento que, en el caso de dos o varias capas, dichas capas pueden extruirse en etapas separadas, o por lo menos dos o la totalidad de dichas capas pueden coextruirse en una misma etapa de extrusión, como bien se conoce en la técnica. El término "(co)extrusión" significa en este documento también que todas o parte de la capa o capas se forman simultáneamente utilizando uno o varios cabezales de extrusión. Por ejemplo, se puede usar una triple extrusión para formar tres capas. En el caso de que se forme una capa utilizando más de un cabezal de extrusión, entonces, por ejemplo, las capas se pueden extruir utilizando dos cabezales de extrusión, el primero para formar la capa semiconductor interior y la parte interior de la capa de aislamiento, y el segundo cabezal para formar la capa de aislamiento exterior y la capa semiconductor exterior. La (co)extrusión puede efectuarse en cualquier extrusora de cable convencional, por ejemplo, una extrusora de tornillo simple o doble.

Como es bien conocido, se puede aplicar una mezcla fundida de la mezcla proporcionada, o un componente o componentes de la misma, para formar una capa. Mezclar en fusión significa mezclar por encima del punto de fusión de por lo menos el componente o componentes poliméricos principales de la mezcla obtenida y se lleva a cabo, por ejemplo, de forma no limitativa, a una temperatura de por lo menos 15 °C por encima del punto de fusión o ablandamiento del componente o componentes poliméricos. La mezcla en fusión se puede llevar a cabo en la extrusora de cables o en un mezclador, por ejemplo, amasador, precediendo a la extrusora, o en ambos.

Además, el proceso para fabricar el cable de alimentación comprende espumar la capa de aislamiento, dicha formación de espuma se produce cuando la masa fundida de la mezcla proporcionada abandona la extrusora del cable ya que esto produce una caída de presión debido a que la presión atmosférica es menor que la presión dentro de la extrusora. Cuando la presión de fusión se reduce a la presión atmosférica, el gas formado en la extrusora por el sistema de formación de espuma ya no se disolverá en la masa fundida. En su lugar, el gas formará burbujas, es decir, celdas, en la masa fundida del polímero que crecerán hasta que la masa fundida se enfríe hasta una temperatura en la que la viscosidad de la masa fundida sea demasiado alta para permitir un mayor crecimiento de las celdas. El aislamiento resultante se hará espuma, lo que significa que contiene burbujas de gas dispersas, es decir, celdas de gas.

Para la extrusión de una mezcla, en la etapa a), sobre el conductor, en el proceso para fabricar un cable de alimentación de acuerdo con la presente invención, como se describe en este documento, el documento EP2562209 A1 también se incluye en este documento como referencia.

El proceso de acuerdo con la presente invención comprende también la reticulación de la capa de aislamiento.

5 La reticulación se lleva a cabo en presencia de un catalizador, tal como un catalizador de condensación de silanol, y agua. Por consiguiente, el grupo o grupos silano que contienen unidades presentes en las fracciones de silano del material de poliolefina se hidrolizan bajo la influencia del agua en presencia del catalizador de condensación de silanol que da como resultado la separación del alcohol y la formación de grupos de silanol, que se reticulan luego en una reacción de condensación posterior en la que se separa el agua y se forman los enlaces Si—O—Si entre otros grupos silano hidrolizados presentes en el material de poliolefina. La capa de aislamiento reticulada resultante de acuerdo con la presente invención tiene una red habitual, es decir, enlaces cruzados (puentes) entre polímeros, como es bien conocido en el sector. El catalizador de condensación de silanol que es adecuado para la presente invención puede ser bien conocido y estar comercialmente disponible, o puede fabricarse de acuerdo con, o de manera análoga a, como se describe en cualquier bibliografía en este sector.

15 Para la reticulación de la capa de aislamiento, también se incluye el documento EP 2508566 A1 en el presente documento como referencia.

20 En una realización adicional, el proceso según la presente invención comprende dicho sistema de formación de espuma que comprende del 0,1 a 0,7 % en peso del agente espumante.

En una realización adicional más, el proceso según la presente invención comprende dicho sistema de formación de espuma que comprende del 0,1 al 0,5 % en peso del agente espumante.

25 Una realización adicional de acuerdo con la presente invención comprende dicho material polimérico que comprende del 0,001 a 15 % en peso de un compuesto de silano.

En realizaciones adicionales de la presente invención, dicho material polimérico comprende del 0,01 al 5 % en peso del compuesto de silano, o del 0,1 al 2 % en peso del compuesto de silano.

30 En realizaciones adicionales de la presente invención, dicha reticulación de la capa de aislamiento se consigue en condiciones ambientales, en sauna de vapor o, alternativamente, en baño de agua.

35 La presente invención también se refiere a un cable de alimentación que es como se describe en este documento, cable de alimentación que se puede obtener mediante el proceso también como se describe en este documento.

En una realización de acuerdo con la presente invención, dicha capa de aislamiento, como se describe en este documento, tiene un grado de expansión del 3 al 40 %.

40 En otra realización de la presente invención, dicha capa de aislamiento, como se describe en este documento, está en contacto con el conductor.

En una realización adicional de la presente invención, el cable de alimentación, como se describe en el presente documento, es un cable de baja tensión o un cable de media tensión.

45 En una realización adicional más de la presente invención, el cable de alimentación, como se describe en este documento, comprende tres núcleos en los que cada núcleo comprende un conductor.

50 En otra realización de la presente invención, dicha capa de aislamiento, como se describe en este documento, tiene un grado de expansión del 5 % al 30 %.

En otra realización adicional de la presente invención, dicha capa de aislamiento, como se describe en este documento, tiene un grado de expansión del 5 % al 25 %.

55 En otra realización de la presente invención, la capa de aislamiento, como se describe en este documento, tiene un tamaño de celda promedio igual o inferior a 150 μm . Las celdas contienen gas.

Incluso en otra realización de la presente invención, la capa de aislamiento, como se describe en el presente documento, tiene un tamaño de celda promedio igual o inferior a 100 μm .

60 La presente invención también se refiere al uso del cable de alimentación, como se describe en este documento.

Los siguientes ejemplos ilustran, pero no pretenden limitar, la presente invención.

65 **Leyenda de la figura**

La figura 1 muestra la tensión de rotura en función del grado de expansión.

Ejemplos

1. Procedimientos

5

a. Alargamiento por deformación en caliente

La reticulación de la composición polimérica, es decir, la capa de aislamiento de la presente invención, se determinó de acuerdo con IEC-60811-2-1 (procedimiento de deformación en caliente y deformación permanente) midiendo la deformación térmica a 200 °C y una carga de 0,2 MPa. El conductor se retiró del aislamiento, es decir, de la capa de aislamiento de la presente invención, dando como resultado una muestra de aislamiento tubular. Se marcaron las líneas de referencia con una separación de 20 mm en la muestra de ensayo tubular y se midieron los diámetros interior y exterior. Las muestras de ensayo, es decir, que se originan de la capa de aislamiento de la presente invención, se fijaron verticalmente desde su extremo superior en un horno calentado a 200 °C y se sujetó una carga de 0,2 MPa al extremo inferior de las muestras de ensayo. La distancia entre las pinzas superior e inferior que sostienen una muestra y la carga, respectivamente, fue de 5 mm. Después de 15 minutos en el horno, se midió la distancia entre las líneas marcadas previamente y se calculó el porcentaje de alargamiento por deformación en caliente, % de alargamiento por deformación en caliente. Para el porcentaje de deformación permanente, en ocasiones también denominado deformación permanente, la fuerza de tracción (peso) se eliminó de la muestra de ensayo y, después de una recuperación a 200 °C durante 5 minutos, la muestra se sacó del horno y se dejó enfriar a la temperatura de la habitación hasta la temperatura ambiente. El porcentaje de deformación permanente se calculó a partir de la distancia entre las líneas marcadas después del enfriamiento. Los valores presentados son los valores promedio de tres ensayos.

b. Ensayos de tracción según EN 60811-100

La resistencia a la tracción y el alargamiento en el momento de la rotura de una muestra de ensayo de aislamiento tubular de 150 mm de largo a partir de muestras de cable pelado, es decir, provenientes de la capa de aislamiento de la presente invención, se midieron de acuerdo con ISO 527-1:1993 a 23 °C y 50 % de humedad relativa en un medidor de tracción Doli-Alwetron TCT 25 a una velocidad de 250 mm/min. Se utilizó un extensómetro digital con una distancia de inicio de 50 mm para determinar el alargamiento en el momento de la rotura. La distancia inicial entre las pinzas del medidor de tracción fue de 115 mm. Para las mediciones se utilizó una celda de carga de 1 kilo Newton. Las muestras se acondicionaron durante un mínimo de 16 horas a 23+/-2 °C y 50 % de humedad relativa antes de la prueba. El valor promedio de las 6 a 10 muestras se presenta en este documento.

35

c. MFR

El caudal de la masa fundida MFR2 se midió de acuerdo con ISO 1133 a 190 °C y una carga de 2,16 kg.

d. Densidad

La densidad se midió de acuerdo con ISO 1183A en muestras preparadas de acuerdo con ISO1872-2.

2. Materiales

45

El material de poliolefina que contiene fracciones de silano y está comprendido en la composición polimérica utilizada en el proceso de acuerdo con la presente invención, es en los ejemplos de este documento un copolímero de etileno vinilsilano Visico LE4423™, es decir, una poliolefina reticulable con grupos silano hidrolizables, suministrado por Borealis con una densidad de 922,5 kg/m³, un MFR_{2,16} de 1,0 g/10 min y el contenido de comonomero VTMS es del 1,1 % en peso.

50

Los catalizadores utilizados en el proceso de acuerdo con la presente invención están comprendidos en las mezclas maestras de catalizador, que son en los ejemplos de este documento:

la mezcla maestra disponible comercialmente de un catalizador de estaño orgánico, es decir, LE4438, que cataliza las reacciones de reticulación del silano, suministrada por Borealis, y

55

la mezcla maestra disponible comercialmente de un catalizador de condensación de silano, es decir, LE4476, en el que el componente catalítico activo se basa en ácido sulfónico, suministrada por Borealis.

60

El sistema de formación de espuma utilizado en el proceso de acuerdo con la presente invención es en los ejemplos de este documento: una mezcla maestra de azodicarbonamida (ADC) que contiene el 15 % en peso de ADC en polietileno de baja densidad. Disponible comercialmente como nCore 7155-M1-300 del proveedor Americhem.

3. Preparación de la muestra

Antes del ensayo, el sistema de formación de espuma utilizado en los ejemplos de la invención se combinó en un material de poliolefina que contiene fracciones de silano utilizando un coamasador BUSS AG del tipo PR46B-11D/H1 (tornillo de 50 mm). La composición es un tipo de mezcla fundida de polímeros donde uno o varios polímeros y/o aditivos se mezclan en estado fundido. A menudo se utiliza para la dispersión y distribución de aditivos y cargas en una masa fundida de polímero. El 2 % en peso del sistema de formación de espuma nCore 7155-M1-300 se mezcló en el 98 % en peso de LE4423-SE05 en el proceso de composición.

Las mezclas utilizadas para producir las muestras de aislamiento espumado ejemplificadas se obtuvieron tomando la mezcla que contiene el material de poliolefina que contiene fracciones de silano y el sistema de formación de espuma y mezclando en seco dicha mezcla con el 5 % en peso de una mezcla maestra de catalizador que contiene catalizador de reticulación de silano y otros aditivos. Luego, las mezclas se extruyeron en un conductor de Cu sólido de 1,5 mm² precalentado a 110 °C en una extrusora Nokia-Maillefer de 60 mm. El cable extruido se enfrió en un baño de agua a 50 °C colocado a 60 cm de la salida de la matriz. Los ajustes de temperatura, grosor del aislamiento, tamaño de la matriz y velocidad de la línea para cada muestra se pueden ver en la tabla 1. Las muestras de los cables se reticularon después de la extrusión durante 24 horas en un baño de agua a 90 °C, dando como resultado la capa de aislamiento de la presente invención, antes de la deformación en caliente y las pruebas mecánicas.

El ejemplo comparativo CE1 se produjo de la misma manera, excepto que no se añadió ningún sistema de formación de espuma al material de poliolefina que contiene fracciones de silano, ni se realizó ninguna composición.

Tabla 1

Muestra	CE1	IE1	IE2	IE3	IE4
Material de aislamiento	LE4423-SE05	LE4423-SE05 que contiene el 2 % en peso de nCore 7155-M1-300	LE4423-SE05 que contiene el 2 % en peso de nCore 7155-M1-300	LE4423-SE05 que contiene el 2 % en peso de nCore 7155-M1-300	LE4423-SE05 que contiene el 2 % en peso de nCore 7155-M1-300
Mezcla maestra de catalizador (5 % en peso añadido al material de aislamiento)	LE4438	LE4438	LE4438	LE4438	LE4476
Grosor del aislamiento (mm)	0,72	0,73	0,46	0,46	0,49
Expansión (%)	0	10	19	5	12
Matriz (mm)	2,8	2,8	2,3	2,3	2,3
Velocidad de la línea (m/min)	75	75	75	110	75
Ajustes de temperatura Z1/Z2/Z3/Z4/Z5, H1/H2/H3 (°C)	150/160/170/170/170,	190/200/210/210/210/210	190/200/210/210/210/210	190/200/210/210/210/210	190/200/210/210/210/210
Alargamiento por deformación en caliente (%)	41,4	41,9	42,5	41,9	Fallido
Deformación permanente (%)	-2,3	-1,7	-2,5	-2	Fallido
Tensión en el momento de la rotura (MPa)	23,4	18,8	14,7	21,1	15,0
Alargamiento en el momento de la rotura (%)	417	401	345	403	479
Número promedio de celdas en la sección transversal del aislamiento	0	8 por cada 0,73 mm	3 por cada 0,46 mm	8 por cada 0,46 mm	5 por cada 0,49 mm
Tamaño promedio de la celda (µm)	-	35	100	25	60

La Tabla 1 muestra los ejemplos de la invención IE1 a IE4, es decir, la capa de aislamiento de la presente invención, en comparación con el aislamiento de copolímero EVS sólido, es decir, el ejemplo comparativo, CE1. Se realizaron ensayos de deformación en caliente de acuerdo con EN 60811-50 y las pruebas de tracción de acuerdo con EN 60811-100. Los resultados de estos ensayos se presentan en la Tabla 1.

5 El aislamiento espumado se puede ver como un material compuesto que comprende celdas de gas en una matriz polimérica. Se esperaría que la deformación en caliente fuera mayor para las muestras espumadas, ya que la formación de espuma produce menos material polimérico en el aislamiento que puede soportar la carga durante la medición. Por lo tanto, es muy sorprendente ver que los valores de la deformación en caliente para las muestras de la invención IE1, IE2 e IE3, que se reticularon con un catalizador de estaño orgánico, son iguales a la muestra CE1 sólida reticulada con el mismo catalizador en las mismas condiciones. El ejemplo IE4 espumado de la invención que contiene un catalizador de ácido sulfónico produce una ruptura de tensión durante los ensayos de deformación en caliente. Este resultado se esperaba ya que la descomposición del agente esponjante azodicarbonamida da como resultado productos de descomposición alcalina y es conocido que la actividad de los catalizadores de ácido sulfónico se reduce en presencia de sustancias alcalinas.

15 El tamaño promedio de las celdas y el número de celdas por sección transversal de aislamiento también se pueden ver en la Tabla 1. Existe una gran variación en el tamaño de las celdas y la cantidad de celdas entre las diferentes muestras de aislamiento: IE2 contiene unas pocas celdas grandes, mientras que IE1 e IE3 contienen más celdas y más pequeñas. Sorprendentemente, el tamaño de la celda y el número de celdas no parecen tener ningún impacto en las propiedades de tracción, es solo el grado de expansión lo que parece ser importante. La figura 1 muestra la tensión de rotura en función del grado de expansión, y aquí se puede ver que la tensión en el momento de la rotura disminuye linealmente con el grado de expansión de manera aparentemente independiente de cómo se divide el aire dentro del aislamiento.

20 Por lo tanto, se ha demostrado, en consecuencia, que una capa de aislamiento expandida y reticulada que comprende una mezcla expandida y reticulada, de acuerdo con la presente invención como se describe en el presente documento, cumple con los requisitos generales de deformación en caliente y de tracción para materiales de aislamiento de cables.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Proceso para fabricar un cable de alimentación, cable de alimentación que comprende, por lo menos, un núcleo que comprende un conductor y una capa de aislamiento expandida y reticulada que rodea dicho conductor, en el que dicho proceso comprende las etapas a) a d):
- a) proporcionar una mezcla de:
- 10 una composición polimérica que comprende un material de poliolefina, material de poliolefina que lleva fracciones de silano,
- un catalizador y
- 15 un sistema de formación de espuma, en el que la mezcla proporcionada comprenderá por lo menos el 0,1 % en peso de un agente espumante, con respecto al peso total del material de poliolefina;
- b) extruir una mezcla, como se describe en la etapa a), sobre el conductor para formar una capa de aislamiento;
- c) espumar la capa de aislamiento; y
- 20 d) reticular la capa de aislamiento.
2. Proceso, según la reivindicación 1, en el que el sistema de formación de espuma comprende del 0,1 al 0,7 % en peso del agente espumante.
- 25 3. Proceso, según la reivindicación 1 o 2, en el que el material polimérico comprende un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables, por ejemplo, comprende un polietileno de baja densidad con grupos silano hidrolizables.
- 30 4. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material de poliolefina comprende del 0,001 al 15 % en peso de compuesto de silano.
5. Cable de alimentación que se define según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, y se puede obtener mediante el proceso de acuerdo con las mismas.
- 35 6. Cable de alimentación, según la reivindicación 5, en el que la capa de aislamiento tiene un grado de expansión del 3 al 40%.
7. Cable de alimentación, según la reivindicación 5 o 6, en el que la capa de aislamiento está en contacto con el conductor.
- 40 8. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que es un cable de baja tensión o un cable de media tensión.
- 45 9. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende tres núcleos, cada uno de los cuales comprende un conductor.
10. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que la capa de aislamiento tiene un grado de expansión del 5 % al 30 %.
- 50 11. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que la capa de aislamiento tiene un grado de expansión del 5 % al 25%.
12. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que la capa de aislamiento tiene un tamaño promedio de celda igual o inferior a 150 µm.
- 55 13. Cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que la capa de aislamiento tiene un tamaño promedio de celda igual o inferior a 100 µm.
- 60 14. Uso de un cable de alimentación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13.

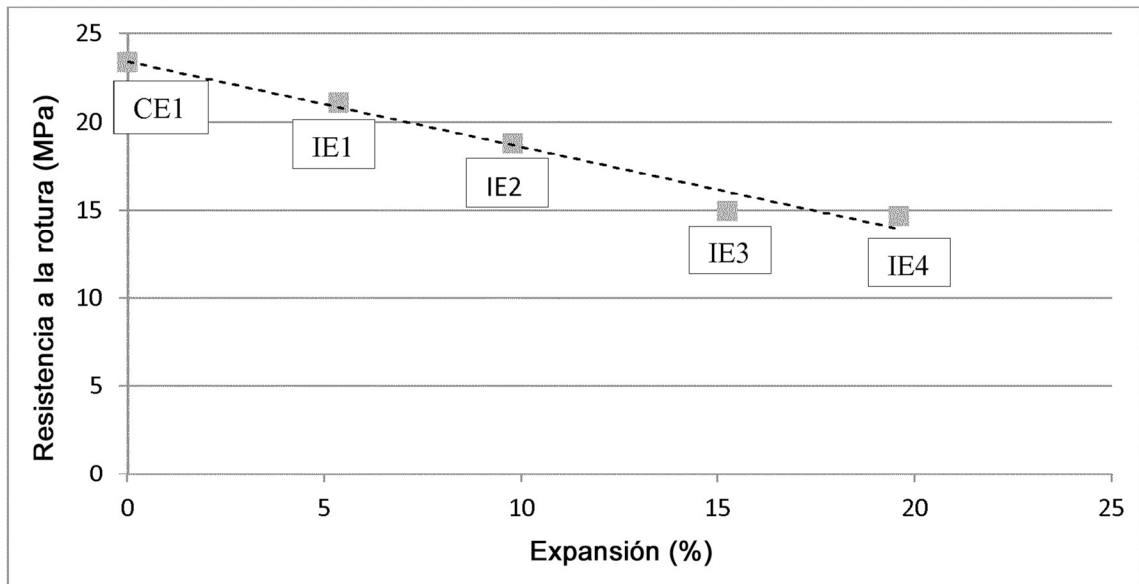


Figura 1