

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 931**

51 Int. Cl.:

H02G 1/14 (2006.01)

H02G 15/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2015 PCT/IB2015/058193**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17068398**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2015 E 15791763 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3365952**

54 Título: **Empalme para cables eléctricos con aislamiento termoplástico y procedimiento para fabricar el mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2020

73 Titular/es:
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:
**CAIMI, LUIGI y
DE MARTINO, LUIGI**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 796 931 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

Empalme para cables eléctricos con aislamiento termoplástico y procedimiento para fabricar el mismo

5 Antecedentes de la invención

[0001] La presente invención se refiere generalmente a conexiones de cables eléctricos de media/alta tensión. Más particularmente, la invención se refiere a un empalme para cables eléctricos de media/alta tensión que tienen un sistema de aislamiento termoplástico, y a un procedimiento para fabricar el mismo.

10

[0002] Los cables para el transporte de energía eléctrica, particularmente en el caso de cables para aplicaciones de media o alta tensión, incluyen al menos un núcleo de cable. El núcleo de cable usualmente está formado por un conductor metálico eléctricamente conductor cubierto secuencialmente por un sistema de aislamiento. El sistema de aislamiento se forma secuencialmente por una capa polimérica interna que tiene propiedades semiconductoras, una capa polimérica intermedia que tiene propiedades de aislamiento eléctrico, y una capa polimérica externa que tiene propiedades semiconductoras.

15

[0003] Los cables de transporte de energía eléctrica a media o alta tensión generalmente incluyen una capa de pantalla que rodea el núcleo de cable, típicamente hecha de metal o de metal y material semiconductor polimérico. La capa de pantalla se puede hacer en forma de alambres (trenzas), de una cinta enrollada helicoidalmente alrededor del núcleo de cable, o de una lámina envuelta longitudinalmente alrededor del núcleo de cable.

20

[0004] Las capas del sistema de aislamiento de cables están fabricadas comúnmente de un polímero reticulado a base de poliolefina, en particular copolímeros de polietileno reticulado (XLPE), o elastoméricos de etileno/propileno (EPR) o etileno/propileno/dieno (EPDM), también reticulados. La etapa de reticulación, realizada después de extruir el material polimérico sobre el conductor, otorga al material propiedades mecánicas y eléctricas satisfactorias incluso a altas temperaturas, tanto durante el uso convencional como con sobrecarga de corriente.

25

[0005] El procedimiento de reticulación de los materiales de poliolefina del sistema de aislamiento de cables, particularmente el polietileno (XLPE), requiere la adición al material polimérico de un agente de reticulación, usualmente un peróxido orgánico, y el posterior calentamiento a una determinada temperatura para causar la escisión y reacción del peróxido. Los subproductos se forman principalmente a partir de la descomposición del peróxido orgánico, que puede causar una acumulación de cargas espaciales y, en consecuencia, descargas eléctricas y eventualmente perforaciones de aislamiento, particularmente en cables de energía de corriente continua (CC). Por lo tanto, los subproductos del procedimiento de reticulación deben eliminarse mediante un largo y engorroso procedimiento de desgasificación, que se lleva a cabo, usualmente a una temperatura de aproximadamente 70 °C±80 °C, durante un tiempo de 15 días a aproximadamente 2 meses, dependiendo de las dimensiones del cable, para causar la migración y posterior evaporación de los subproductos del núcleo de cable.

30

35

[0006] Se utilizan accesorios de cables de energía en una red de energía para restaurar el aislamiento y el control del campo eléctrico sobre una porción de cable donde se expuso el conductor, tal como en caso de conexión entre dos cables de energía o entre un cable de energía y otro componente de red, tal como un transformador, un generador, un conductor desnudo de una línea aérea, o similares.

40

[0007] Para cables eléctricos de media/alta tensión, se pueden construir empalmes sobre la conexión del conductor enrollando cintas de materiales adecuados para reconstruir el sistema aislante de cables, es decir, la capa semiconductor interna, la capa aislante y la capa semiconductor externa. Como se describe por Thomas Worzyk, "Submarine Power Cables: Design, Installation, Repair, Environmental Aspects", Capítulo 4, Springer-Verlag Berlín Heidelberg 2009, este procedimiento es particularmente adecuado para unir cables de alta tensión para instalaciones submarinas, ya que permite obtener un empalme (en lo sucesivo en esta invención denominado "empalme diametral") que tiene un diámetro ligeramente más grueso que el de los cables unidos, a diferencia de los empalmes preformados que inevitablemente tienen un diámetro notablemente mayor que el diámetro de los cables unidos. Esto permite un manejo más fácil de los cables unidos, especialmente cuando los cables unidos se enrollan sobre un carrete y después se desenrollan para su instalación.

45

[0008] Una reconstrucción adecuada y fiable de las capas del sistema de aislamiento es esencial para garantizar que el empalme tenga los mismos rendimientos, tanto termomecánicos como eléctricos, de las porciones restantes del sistema de aislamiento de cables. Más en detalle, la reconstrucción de un empalme diametral requiere el uso de cintas hechas sustancialmente con los mismos materiales del sistema de aislamiento de cables, que se aplican secuencialmente enrollándolas de una manera muy precisa y limpia, para evitar la formación de huecos u otros defectos debido a impurezas que pueden dar lugar a problemas eléctricos, tales como descargas parciales. Una vez que se completa el bobinado de la cinta correspondiente a la primera capa interna del sistema de aislamiento de cables, el material aplicado se funde para convertirse en una capa continua y homogénea y a continuación se cura a presión para proporcionar estabilidad dimensional y evitar la deformación del sistema aislante durante el despliegue.

50

55

La presión aplicada durante la etapa de curado debe ser suficiente tanto para evitar la formación de poros en el material

curado, debido a la fuga de subproducto de reticulación, como para garantizar unas dimensiones correctas a la capa. Después, este procedimiento de bobinado de cinta se repite para las dos capas restantes del sistema de aislamiento de cables. La capa anterior, es decir, la capa ya enrollada alrededor del cable, elude la deformación cuando se procesa la capa siguiente (impartiendo una presión predefinida a una temperatura determinada para obtener la reticulación),
5 porque la capa anterior está reticulada.

[0009] Por ejemplo, el documento US 4.204.896 describe un procedimiento para producir un empalme aislado entre conductores eléctricos en el que se aplica calor a las partes unidas de los conductores cubiertas por un material de polietileno reticulado, que se encuentra en condiciones no curadas y está estrechamente confinado dentro de un
10 recinto. El recinto se calienta hasta que se cura el material de polietileno y se aplica presión al empalme en el recinto mientras se enfría el empalme, mediante lo cual se suprime sustancialmente la formación y/o persistencia de huecos en el empalme curado.

[0010] El documento US 4.233.096 se refiere a un procedimiento de empalme mejorado para cables eléctricos
15 que tienen un aislamiento de polímero reticulado, y particularmente un aislamiento de polietileno reticulado. Los conductores de los cables más cercanos a los extremos que se van a unir se exponen primero, a continuación, se unen los extremos de los conductores, y el área alrededor de los conductores expuestos y unidos está dotada de un aislamiento. Estos extremos se calientan primero y los aislamientos alrededor de los mismos se ven forzados a expandirse en una dirección radial desde los conductores y a desplazarse axialmente lejos de los extremos del cable.
20 Posteriormente, los aislamientos se dejan enfriar, se unen los extremos expuestos de los dos conductores, y se calientan de nuevo los aislamientos, de modo que se hace que los aislamientos vuelvan a su forma y posición originales alrededor de los conductores respectivos. Por lo tanto, el empalme entre los dos cables se aísla con poca o ninguna necesidad de uso de materiales de aislamiento adicionales.

[0011] El documento NL 6.603.955 se refiere a un procedimiento de fabricación de manguitos de conexión o reparación para cables eléctricos, que comprende un aislamiento de un material polimérico termoplástico, formado principalmente por polietileno. Más específicamente, las tiras de un material aislante termoplástico se enrollan en el núcleo del cable o en el conductor eléctrico despojado del aislamiento, y estas tiras se sueldan por el efecto del calor en el aislamiento del cable. Un vendaje formado por una cinta metálica, preferentemente de cobre, se aplica a las tiras
30 aislantes en todo su recorrido, constituyendo este vendaje un molde externo, y a continuación se aplican elementos eléctricos calefactores a dicho vendaje.

[0012] En los últimos años, se han desarrollado soluciones termoplásticas en el campo de los cables de media y alta tensión, en las que las capas termoplásticas del sistema de aislamiento de cables se basan en mezclas de polipropileno mezcladas con un fluido aislante, tal como se describe, por ejemplo, en los documentos WO 02/27731 y WO 2004/066317. Esta solución evita el procedimiento de reticulación.

Resumen de la invención

[0013] Para unir cables con un sistema de aislamiento termoplástico mediante un empalme diametral termoplástico, el procedimiento es el descrito anteriormente para el material reticulado, pero no puede depender del curado para la estabilización. El calentamiento de una cinta termoplástica sobre una capa termoplástica ya aplicada puede causar deformaciones térmicas de esta última y, por consiguiente, una pérdida de estabilidad dimensional y uniformidad del empalme general.

[0014] Más específicamente, el Solicitante ha experimentado que la aplicación de una capa termoplástica posterior, preferentemente hecha de cintas enrolladas, sobre una capa no reticulada, que no se estabiliza mediante curado, puede causar la deformación de esta última, debido al calentamiento aplicado sobre la capa posterior. En realidad, para garantizar una completa homogeneización y ausencia de huecos, los bobinados de cinta deben al menos
50 ablandarse, si no incluso fundirse. Sin embargo, el calentamiento de una cinta termoplástica puede causar ablandamiento e incluso la fusión de una capa termoplástica subyacente con la consiguiente deformación. Esto es particularmente crítico en el caso de la aplicación de la capa aislante, ya que tiene un espesor notable y, por consiguiente, se necesita un calentamiento prolongado para una fusión completa.

[0015] El Solicitante también ha experimentado que, en el caso de las capas termoplásticas, la presión no ayuda a mejorar la homogeneidad y suprimir la formación/persistencia de huecos, como se prevé en el caso del material reticulado. Por el contrario, una presión superior a la atmosférica podría provocar una mayor deformación en una capa termoplástica ya aplicada.

[0016] El Solicitante encontró que se puede obtener un empalme diametral dimensionalmente estable y eléctricamente fiable para cables de media/alta tensión con sistema aislante termoplástico mediante el recubrimiento de los conductores conectados con un sistema aislante termoplástico donde la capa aislante tiene un módulo de almacenamiento dinámico E' medido a una temperatura de al menos 130 °C, siendo dicho módulo de almacenamiento dinámico E' inferior al de la capa semiconductor interna medido a la misma temperatura.

65

[0017] Por lo tanto, según un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un empalme de cable eléctrico según la reivindicación 1.

[0018] La temperatura para medir los módulos de almacenamiento dinámico es preferentemente inferior a 200 °C, más preferentemente de hasta 180 °C.

[0019] La temperatura de medición específica adecuada para evaluar y comparar los módulos de almacenamiento dinámico de los materiales termoplásticos de la invención puede variar de un caso a otro, según los materiales termoplásticos específicos empleados. La temperatura de medición se puede seleccionar ventajosamente basándose en la temperatura de fusión del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme, que es la capa más gruesa que se depositará en un empalme de cable eléctrico. Por ejemplo, la temperatura adecuada para medir y comparar los módulos de almacenamiento dinámico de los materiales termoplásticos de la invención puede ser 10 °C menor que la temperatura de fusión del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme.

[0020] Ventajosamente, el primer módulo de almacenamiento dinámico del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme es más del 20 % mayor, preferentemente más del 50 % mayor, incluso más preferentemente más del 100 % mayor, que el segundo módulo de almacenamiento dinámico del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme, siendo los módulos medidos a una temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.

[0021] Según otro aspecto, la presente invención se refiere a un empalme para conectar un primer cable eléctrico y un segundo cable eléctrico según la reivindicación 7.

[0022] El empalme de la presente invención es ventajosamente un empalme diametral.

[0023] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en el mismo, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

[0024] Además, se emplea el uso de "un" o "una" para describir elementos y componentes de la invención. Esto se hace meramente por conveniencia y para dar una idea general de la invención. Esta descripción debería leerse para incluir uno, o al menos uno, y el singular también incluye el plural a menos que sea obvio que se entienda de otra manera.

[0025] En la presente descripción y las reivindicaciones, el término "alta tensión" generalmente significa una tensión mayor de 35 kV.

[0026] Como "elemento aislante" se entiende un elemento hecho de un material que tiene propiedades de aislamiento eléctrico, es decir, que tiene una rigidez dieléctrica (resistencia a la ruptura dieléctrica) de al menos 5 kV/mm, preferentemente de al menos 10 kV/mm.

[0027] El término "capa semiconductor" hace referencia a una capa hecha de un material que presenta propiedades semiconductoras, tal como una matriz polimérica adicionada con, por ejemplo, negro de humo, a fin de obtener un valor de resistividad volumétrica, a temperatura ambiente, de menos de 500 Ω·m, preferentemente menos de 20 Ω·m, por ejemplo, de 1 Ω·m. La cantidad de negro de humo puede variar entre el 1 % y el 50 % en peso, preferentemente entre el 3 % y el 30 % en peso, en relación con el peso del polímero.

[0028] "Módulo de almacenamiento dinámico" se refiere a un componente del módulo dinámico. En el análisis dinámico (DMA) de un material polimérico, el módulo de almacenamiento dinámico E' , medido en megapascales (MPa), se define como:

$$E' = \frac{\sigma}{\varepsilon} \cos \delta$$

en la que:

σ es la fuerza oscilatoria aplicada a una muestra del material polimérico específico;

ε es la tensión resultante de dicha muestra del material polimérico;

δ es la fase de latencia entre la fuerza y la tensión.

Breve descripción de los dibujos

[0029] Las características adicionales serán evidentes a partir de la descripción detallada proporcionada en lo sucesivo en esta invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 La figura 1 es una vista lateral de un cable eléctrico de media/alta tensión, mostrado durante una etapa inicial del procedimiento para fabricar un empalme según la presente invención; y la Figura 2 es una vista en sección transversal del cable eléctrico de media/alta tensión de la figura 1, al finalizar el procedimiento para fabricar un empalme según la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

10 **[0030]** En la figura 1 se representan esquemáticamente un primer cable eléctrico 100 y un segundo cable eléctrico 200. El primer cable eléctrico 100 y el segundo cable eléctrico 200 se colocan axialmente adyacentes entre sí, de modo que posteriormente se unan entre sí.

15 **[0031]** Cada cable 100, 200 comprende un conductor eléctrico 10, 20 y un sistema de aislamiento 12, 22 que rodea el conductor eléctrico respectivo 10, 20. El sistema de aislamiento 12, 22 comprende una capa semiconductor termoplástica interna 14, 24 que rodea y está en contacto directo con el conductor eléctrico respectivo 10, 20 del cable eléctrico 100, 200. El sistema de aislamiento 12, 22 de cada cable eléctrico 100, 200 comprende además una capa aislante termoplástica 16, 26 que rodea y está en contacto directo con la capa semiconductor termoplástica interna 14, 24, y una capa semiconductor termoplástica externa 18, 28 que rodea y está en contacto directo con la capa aislante termoplástica 16, 26. El sistema de aislamiento 12, 22 de cada cable eléctrico 100, 200 se rodea secuencialmente a continuación por una pantalla metálica 30, 40 y por una o más camisas externas 32, 42 hechas, por ejemplo, de polietileno.

25 **[0032]** En la figura 2, un empalme 300 para unir entre sí el primer cable eléctrico 100 y el segundo cable eléctrico 200 se representa esquemáticamente en sección transversal. El empalme 300 comprende una capa interna de empalme 50 hecha de un primer material semiconductor termoplástico, una capa aislante de empalme 60 hecha de un material aislante termoplástico, y una capa externa de empalme 70 hecha de un segundo material semiconductor termoplástico. La capa interna de empalme 50, la capa aislante de empalme 60 y la capa externa de empalme 70 están configuradas respectivamente para reconstruir la capa semiconductor termoplástica interna 14, 24, la capa aislante termoplástica 16, 26 y la capa semiconductor termoplástica externa 18, 28 del sistema de aislamiento de cables 12, 22.

35 **[0033]** El procedimiento para fabricar el empalme 300 comprende la etapa de unir porciones terminales respectivas de los conductores eléctricos 10, 20 del primer 100 y segundo 200 cables eléctricos, para formar un empalme de conductor eléctrico 80. El empalme de conductor eléctrico 80 se puede obtener, por ejemplo, a través de una abrazadera de compresión si los conductores eléctricos 10, 20 están hechos de cobre, o a través de soldadura de gas inerte metálico (MIG) si los conductores eléctricos 10, 20 están hechos de aluminio.

40 **[0034]** El procedimiento para fabricar el empalme 300 comprende además la etapa de rodear el empalme de conductor eléctrico 80 con la capa interna de empalme 50 hecha de un primer material semiconductor termoplástico que tiene un primer módulo de almacenamiento dinámico E'1.

45 **[0035]** El módulo de almacenamiento dinámico E' clasifica la energía almacenada de un material polimérico específico cuando se aplica una fuerza sinusoidal (tensión σ) a dicho material y se mide el desplazamiento resultante (tensión ϵ).

50 **[0036]** El procedimiento para fabricar el empalme 300 comprende además la etapa de rodear la capa interna de empalme 50 con la capa aislante de empalme 60 hecha de un material aislante termoplástico que tiene un segundo módulo de almacenamiento dinámico E'2 correspondiente. Posteriormente, la capa aislante de empalme 60 se rodea con la capa externa de empalme 70.

55 **[0037]** La capa externa de empalme 70 puede estar hecha de un segundo material semiconductor termoplástico que tiene un tercer módulo de almacenamiento dinámico E'3 correspondiente.

[0038] El módulo de almacenamiento dinámico E'1, E'2, E'3 de cada capa de empalme correspondiente 50, 60, 70 se mide a una temperatura de al menos 130 °C, siendo dicha temperatura de medición sustancialmente la misma para todos los módulos de almacenamiento dinámico del empalme de cable eléctrico.

60 **[0039]** Según la invención, los materiales termoplásticos del empalme 300 se proporcionan de manera que el primer módulo de almacenamiento dinámico E'1 de la capa interna de empalme 50 es mayor que el segundo módulo de almacenamiento dinámico E'2 de la capa aislante de empalme 60.

[0040] Ventajosamente, la capa externa de empalme 70 está hecha de un segundo material semiconductor termoplástico que tiene un tercer módulo de almacenamiento dinámico E'3 correspondiente. El segundo módulo de

almacenamiento dinámico E'_2 de la capa aislante de empalme 60 es al menos el 10 % del tercer módulo de almacenamiento dinámico E'_3 de la capa externa de empalme 70, siendo los módulos de almacenamiento dinámico medidos a una temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.

- 5 **[0041]** En una configuración preferida, cada capa del empalme 300 tiene un módulo de almacenamiento dinámico E' que es mayor que el módulo de almacenamiento dinámico E' de la capa radialmente externa cuando se mide a una temperatura de medición de al menos 130 °C, siendo dicha temperatura de medición la misma para todos los módulos de almacenamiento dinámico del empalme de cable eléctrico.
- 10 **[0042]** Sin embargo, la capa aislante de empalme 60 puede estar hecha de un material termoplástico que tiene un segundo módulo de almacenamiento dinámico E'_2 menor que el del material termoplástico de la capa radialmente externa, es decir, la capa externa de empalme 70, ya que la capa aislante de empalme 60 tiene un espesor significativamente mayor que el de la capa externa de empalme 70 (típicamente de 15 a 30 veces mayor). Este espesor superior permite que la capa aislante de empalme 60 mantenga su forma y homogeneidad cuando la capa externa de empalme más delgada 70 se aplica sobre la misma y se calienta, siempre que el segundo módulo de almacenamiento dinámico E'_2 tenga un valor no inferior al 10 % del módulo de almacenamiento dinámico E'_3 de la capa externa de empalme radialmente externa 70, siendo los módulos de almacenamiento dinámico medidos a la misma temperatura de medición sustancial de al menos 130 °C.
- 15 **[0043]** Cada capa de empalme 50, 60, 70 puede hacerse en forma de una cinta para enrollarse helicoidalmente alrededor del conductor eléctrico 10, 20. Cada cinta está hecha de un material termoplástico aislante o semiconductor químicamente compatible con y que tiene sustancialmente las mismas propiedades eléctricas del material termoplástico aislante o semiconductor correspondiente de la capa de cable interna 14, 24, intermedia 16, 26 y externa 18, 28 correspondientes, para restaurar la continuidad del cable sobre los conductores eléctricos 10, 20. Cada cinta se obtiene preferentemente por extrusión.
- 20 **[0044]** Cada capa de empalme 50 en forma de cinta se enrolla alrededor del empalme de conductor eléctrico 80 según un procedimiento convencional conocido en el sector de la fabricación de empalmes de cables. Posteriormente, cada capa de empalme 50, 60, 70 se somete a una etapa de calentamiento a una temperatura adecuada para fundir el material termoplástico de la misma y para convertir el material de la forma de un bobinado de cinta a una forma de un cilindro homogéneo.
- 25 **[0045]** La capa interna de empalme 50 se somete a dos etapas de calentamiento además de la etapa para su deposición y homogeneización, es decir, la etapa para la fusión y homogeneización de la capa aislante de empalme 60 y la etapa para la fusión y homogeneización de la capa externa de empalme 70. Análogamente, la capa aislante de empalme 60 se somete a una etapa de calentamiento adicional a la de su deposición y homogeneización, es decir, la etapa para la fusión y homogeneización de la capa externa de empalme 70. Por lo tanto, la capa externa de empalme 70 se somete a una sola etapa de calentamiento para su propia fusión y homogeneización.
- 30 **[0046]** Como se esboza en la figura 2, la capa aislante 60 tiene un espesor significativamente mayor que el espesor de la capa semiconductor de empalme 50 y 70. Tal mayor espesor da como resultado un tratamiento térmico más largo para tener la cinta o cintas para obtener la capa aislante 60 fundida y, por consiguiente, la estabilidad del empalme ya aplicado y la capa semiconductor subyacente 50 se cuestionan particularmente.
- 35 **[0047]** El material utilizado para aplicar la capa interna de empalme 50 tiene la mayor resistencia termomecánica en términos de un módulo de almacenamiento dinámico E'_1 relativamente alto, mientras que el material de la capa aislante de empalme 60 y el material que forma la capa externa de empalme 70 tiene módulos de almacenamiento dinámico E'_2 , E'_3 relativamente bajos, siendo los módulos de almacenamiento dinámico medidos a la misma temperatura de medición.
- 40 **[0048]** Cada etapa de calentamiento de las capas de empalme termoplásticas 50, 60, 70 se puede realizar encerrando la capa aún en forma de cinta enrollada en una caja cilíndrica metálica hecha, por ejemplo, de una cantidad adecuada de collares ranurados metálicos (por ejemplo, collares ranurados de cobre), que a continuación se conecta a un termopar. La forma de la caja cilíndrica - y/o de los collares ranurados - facilita la obtención de una capa con una forma adecuada.
- 45 **[0049]** Entre la cinta a fundir y la caja cilíndrica se pueden proporcionar varios revestimientos, para proteger la cinta del sobrecalentamiento debido al contacto directo con la caja cilíndrica metálica, para facilitar la retirada de la caja o de otros revestimientos al final de la etapa de calentamiento y/o para amortiguar mecánicamente la capa de empalme 50, 60, 70 durante el tratamiento de calentamiento. Estos revestimientos pueden ser similares a los conocidos en la técnica para la fabricación de empalmes poliméricos reticulados.
- 50 **[0050]** El procedimiento de la invención se lleva a cabo preferentemente a presión atmosférica. Se ha encontrado que la aplicación de una presión mayor que la atmosférica no sólo no aporta ningún beneficio a la estabilización y la homogeneización de las capas de empalme, sino que también podría causar la deformación de las
- 55

capas de empalme.

[0051] La capa externa 70 también podría prepararse de una manera diferente con respecto a la cinta.

5 **[0052]** Los materiales utilizados para fabricar cada capa de empalme 50, 60, y preferentemente 70, son sustancialmente de la misma naturaleza que los correspondientes del sistema de aislamiento de cables 12, 22, pero la composición de este material varía preferentemente en términos de contenido de cristalinidad y contenido de relleno para alcanzar las propiedades deseadas.

10 **[0053]** Preferentemente, los materiales termoplásticos para el sistema aislante de los cables eléctricos a unir y, por consiguiente, del empalme diametral de la presente invención y, por consiguiente, de los cables eléctricos a unir, se pueden basar en una matriz de polipropileno íntimamente mezclada con un fluido dieléctrico descrito, por ejemplo, en los documentos WO 02/03398, WO 02/27731, WO 04/066317, WO 04/066318, WO 07/048422, WO 2011/092533 y WO 08/058572.

15 **[0054]** La matriz de polipropileno útil para cables termoplásticos y empalmes relevantes puede ser un material polimérico termoplástico seleccionado de:

20 - al menos un copolímero (i) de propileno con al menos un comonomero de olefina seleccionado de entre etileno y una α -olefina distinta de propileno, teniendo dicho copolímero un punto de fusión superior o igual a 140 °C y una entalpía de fusión de 20 J/g a 90 J/g;

- una mezcla de al menos un copolímero (i) con al menos un copolímero (ii) de etileno con al menos una α -olefina, teniendo dicho copolímero (ii) una entalpía de fusión de 0 J/g a 70 J/g;

- una mezcla de al menos un homopolímero de propileno con al menos un copolímero (i) o un copolímero (ii).

25 **[0055]** Es ventajosa una compatibilidad adecuada entre el fluido dieléctrico y el material de base polimérica a fin de obtener una dispersión microscópicamente homogénea del fluido dieléctrico en el material de base polimérica. El fluido dieléctrico adecuado para formar las capas termoplásticas de la presente invención no debe comprender ningún compuesto polar, o solo una cantidad limitada del mismo, a fin de evitar que haya un aumento significativo de las pérdidas dieléctricas.

30 **[0056]** El material polimérico termoplástico está caracterizado por una cristalinidad relativamente baja tal como para proporcionar al cable la flexibilidad adecuada, pero no para alterar las propiedades mecánicas y la resistencia a la tensión térmica a las temperaturas operativas y de sobrecarga del cable. El rendimiento del sistema aislante de cables también se afectado por la presencia del fluido dieléctrico íntimamente mezclado con dicha matriz de polipropileno. El fluido dieléctrico no debe afectar a las propiedades mecánicas mencionadas y la resistencia a la tensión térmica, y debe ser tal como para mezclarse íntima y homogéneamente con la matriz polimérica.

40 **[0057]** Una vez que se ha completado la construcción de la capa externa de empalme 70, se puede realizar un cribado de cada capa de empalme 50, 60, 70 a través de una inspección de rayos X, para verificar la presencia de cualquier defecto o inclusión no deseada en una o más de dichas capas de empalme 50, 60, 70. Se pueden realizar una o más inspecciones de rayos X en una única capa o pares de capas de empalme durante la construcción de empalmes de cables eléctricos.

45 **[0058]** La capa externa de empalme 70 se cubre finalmente mediante capas reconstruidas posteriormente de la pantalla metálica 30, 40 y de la una o más camisas externas 32, 42. La reconstrucción de la pantalla metálica se puede realizar, por ejemplo, con un procedimiento de soldadura fuerte, mientras que las camisas exteriores se reconstruyen usualmente usando tubos retráctiles de polímero (por ejemplo, polietileno) o cintas adhesivas.

50 **[0059]** Se proporciona un ejemplo de un empalme diametral según la presente invención. El empalme comprende las siguientes capas:

- una capa semiconductor interna (IS) hecha de una mezcla 30/70 de un copolímero aleatorio de polipropileno (entalpía de fusión: 65 J/g; densidad: 0,900 g/cm³; temperatura de fusión: 144 °C) y un copolímero heterofásico de etileno-propileno (entalpía de fusión: 30 J/g; densidad: 0,880 g/cm³; temperatura de fusión: 160,5 °C) que contiene el 6 % en peso de dibenciltolueno como fluido dieléctrico y el 65 % en peso de negro de humo;

55 - una capa aislante (I) hecha de un copolímero heterofásico de etileno-propileno (entalpía de fusión: 30 J/g; densidad: 0,880 g/cm³; temperatura de fusión: 160 °C) que contiene el 5 % en peso de dibenciltolueno como fluido dieléctrico;

60 - una capa semiconductor externa (OS) hecha de un copolímero heterofásico de etileno-propileno (entalpía de fusión: 12 J/g; densidad: 0,870 g/cm³; temperatura de fusión: 154 °C) que contiene el 6 % en peso de dibenciltolueno como fluido dieléctrico y el 40 % en peso de negro de humo.

[0060] Los materiales termoplásticos de las tres capas de empalme tienen las características expuestas en la siguiente Tabla 1.

65

ES 2 796 931 T3

Tabla 1

Capa	E' a T _{ambiente} (MPa)	E' a 130 °C (MPa)	E' a 150°C (MPa)	E' a T>170 °C (MPa)
IS	417,7	39,8	10,7	4,01
I	85,8	5,2	1,5	<1
OS	80	3,6	1,6	0,6

[0061] La evaluación de los módulos de almacenamiento dinámico de los materiales se ha realizado mediante análisis térmico dinamomecánico (DMTA) con una tensión de oscilación del 0,1 %, una fuerza estática de 0,01 N y una fuerza de seguimiento del 125 %. Las muestras de prueba tenían una forma rectangular (5 ÷ 7 mm de longitud; 4,06 mm de ancho; 0,5 ÷ 0,7 mm de espesor). Todas las muestras se han equilibrado a 20 °C durante 5 minutos.

[0062] La medición de los módulos de almacenamiento dinámico de las tres capas de empalme se realizó a diversas temperaturas de medición. La diferencia entre los valores de módulo hace que los tres materiales termoplásticos sean adecuados para formar parte del mismo cable de empalme eléctrico. En particular, el módulo de almacenamiento dinámico de la capa semiconductor interna (IS) es mucho mayor que el de la capa aislante (I). Tal diferencia entre los módulos de almacenamiento dinámico proporciona un margen de seguridad adecuado en el procedimiento de fabricación de empalmes de cables eléctricos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar un empalme de cable eléctrico (300) que comprende:
 - 5 - proporcionar un primer cable eléctrico (100) y un segundo cable eléctrico (200), comprendiendo cada cable (100; 200) un conductor eléctrico (10; 20) y un sistema de aislamiento termoplástico (12; 22) que rodea el conductor eléctrico (10; 20), comprendiendo el sistema de aislamiento termoplástico (12; 22) una capa semiconductora termoplástica interna (14; 24), una capa aislante termoplástica (16; 26) y una capa semiconductora termoplástica externa (18; 28);
 - 10 - unir las porciones terminales respectivas de los conductores eléctricos (10; 20) del primer cable eléctrico (100) y de un segundo cable eléctrico (200) colocado axialmente adyacente al primer cable eléctrico (100), para formar un empalme de conductor eléctrico (80);
 - rodear el empalme de conductor eléctrico (80) con una capa interna de empalme (50) de un primer material semiconductor termoplástico que tiene un primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , y someter la capa interna de empalme (50) a una etapa de calentamiento a una temperatura adecuada para fundir el material termoplástico de la misma y para convertir el material de la forma de un bobinado de cinta a una forma de un cilindro homogéneo;
 - 15 - rodear la capa interna de empalme (50) de un primer material semiconductor termoplástico con una capa aislante de empalme (60) de un material aislante termoplástico que tiene un segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , y someter la capa aislante de empalme (60) a una etapa de calentamiento a una temperatura adecuada para fundir el material termoplástico de la misma y para convertir el material de la forma de un bobinado de cinta a una forma de un cilindro homogéneo; y
 - rodear la capa aislante de empalme (60) de material aislante termoplástico con una capa externa de empalme (70) de un segundo material semiconductor termoplástico que tiene un tercer módulo de almacenamiento dinámico, E_3' , y someter la capa externa de empalme (70) a una etapa de calentamiento a una temperatura adecuada para fundir el material termoplástico de la misma y para convertir el material de la forma de un bobinado de cinta a una forma de un cilindro homogéneo; **caracterizado porque** el primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme (50) es mayor que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60), siendo
 - 20 los módulos de almacenamiento dinámico, E_1' , E_2' , medidos a una temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme (50) es más del 20 % mayor que
- 35 el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60).
3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme (50) es más del 50 % mayor que
- 40 el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60).
4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que el primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme (50) es más del 100 % mayor que
- 45 el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60).
5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60) es al menos el 10 % del tercer módulo de
- 50 almacenamiento dinámico, E_3' , del segundo material semiconductor termoplástico de la capa externa de empalme (70), siendo los módulos de almacenamiento dinámico, E_2' , E_3' , medidos a una temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.
6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60) es igual o superior al módulo de
- 55 almacenamiento dinámico, E_3' , del segundo material semiconductor termoplástico de la capa externa de empalme (70).
7. Un empalme (300) para unir un primer cable eléctrico (100) y un segundo cable eléctrico (200),
- 60 comprendiendo cada cable (100; 200) un conductor eléctrico (10; 20) y un sistema de aislamiento termoplástico (12; 22) que rodea el conductor eléctrico (10; 20), comprendiendo el sistema de aislamiento termoplástico (12; 22) una capa semiconductora termoplástica interna (14; 24), una capa aislante termoplástica (16; 26) y una capa semiconductora termoplástica externa (18; 28), comprendiendo el empalme (300):
- 65 - una capa interna de empalme (50) de un primer material semiconductor termoplástico que tiene un primer módulo

de almacenamiento dinámico, E_1' , y que rodea el conductor eléctrico (10; 20);

- una capa aislante de empalme (60) de un material aislante termoplástico que tiene un segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , y que rodea la capa interna de empalme (50) de un primer material semiconductor termoplástico; y

- 5 - una capa externa de empalme (70) de un segundo material semiconductor termoplástico que rodea la capa aislante de empalme (60) del material aislante termoplástico, **caracterizado porque** el primer módulo de almacenamiento dinámico, E_1' , del primer material semiconductor termoplástico de la capa interna de empalme (50) es mayor que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60), siendo los módulos de almacenamiento dinámico, E_1' , E_2' , medidos a una
10 temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.

8. El empalme (300) según la reivindicación 7, en el que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2 , del material aislante termoplástico de la capa aislante de empalme (60) es al menos el 10 % del tercer módulo de almacenamiento dinámico, E_3' , del segundo material semiconductor termoplástico de la capa externa de empalme
15 (70), siendo los módulos de almacenamiento dinámico, E_2' , E_3' , medidos a una temperatura de medición sustancialmente igual de al menos 130 °C.

9. El empalme (300) según la reivindicación 8, en el que el segundo módulo de almacenamiento dinámico, E_2' , del material aislante termoplástico de la capa (60) es igual o superior al módulo de almacenamiento dinámico, E_3' ,
20 del segundo material semiconductor termoplástico de la capa externa de empalme (70).

10. El empalme (300) según la reivindicación 7, en el que el empalme (300) es un empalme diametral.

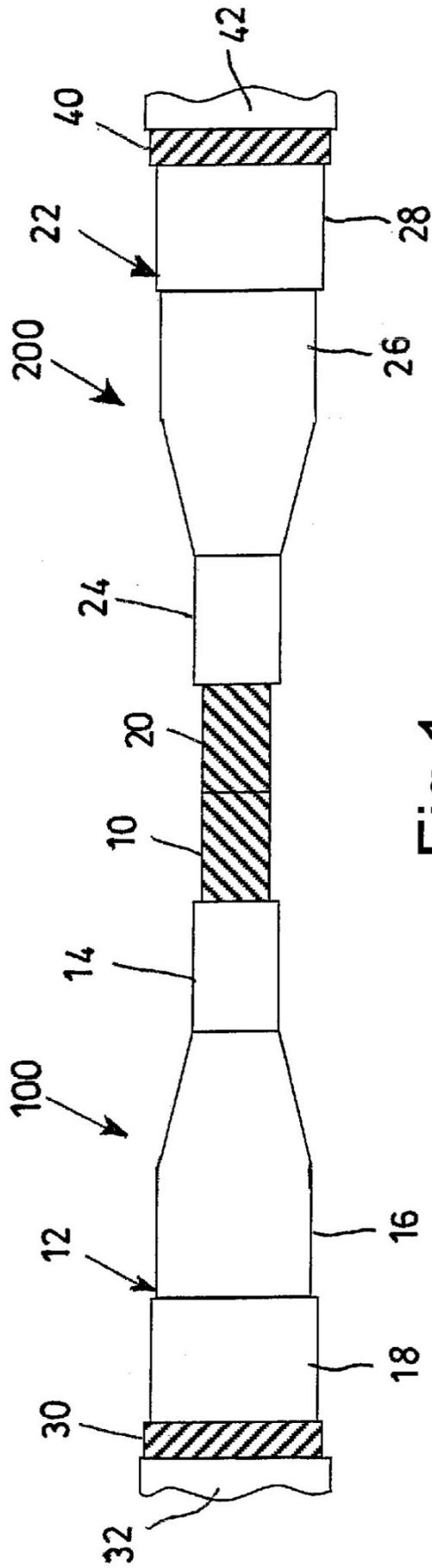


Fig. 1

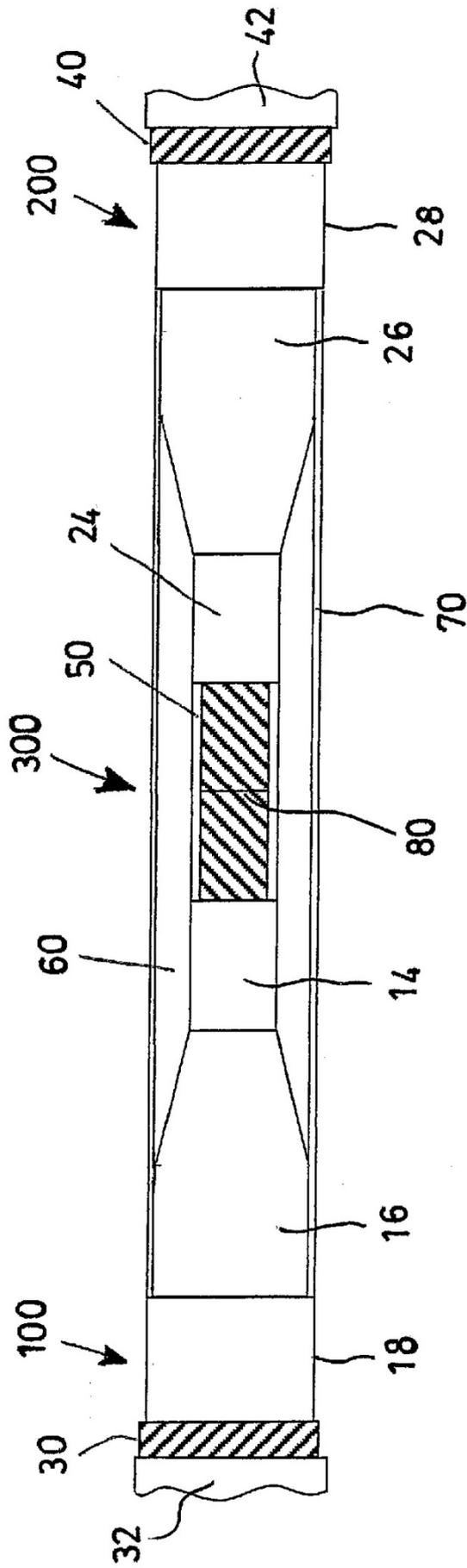


Fig.2