

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 462**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/52** (2006.01)

**H01B 5/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2009** **E 09733784 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015** **EP 2268476**

54 Título: **Proceso y equipo de producción de núcleo de material compuesto con matriz termoplástica para conductor de línea de transmisión eléctrica reciclable y térmicamente estable**

30 Prioridad:

**24.04.2008 HU 0800256**

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

**10.11.2015**

73 Titular/es:

**ENERGO-SPARE-TIME KFC (100.0%)  
Engineering & Consulting, Alma u. 4.  
2040 Budaörs, HU**

72 Inventor/es:

**SZAPLONCZAY, PÁL;  
KARGER KOCSIS, JÓZSEF;  
CZIGÁNY, TIBOR y  
ZSIGMOND, BALÁZS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 550 462 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 y equipo de producción de núcleo de material compuesto con matriz termoplástica para conductor de línea de transmisión eléctrica reciclable y térmicamente estable

5 Alcance

10 El campo de la invención se refiere a un nuevo conductor resistente al calor y reciclable para líneas de transmisión eléctrica que tiene un núcleo de soporte de carga de material compuesto fabricado mediante pultrusión usando una matriz de polímero termoplástico, mediante polimerización *in situ* de los monómeros y/u oligómeros cíclicos de la matriz polimérica, opcionalmente en presencia de polímeros con tendencia a sufrir transreacciones en fase fundida, con refuerzos que consisten en un módulo elevado y fibras de refuerzo, opcionalmente, estructuras textiles hechas de dichas fibras, que están orientadas principalmente a lo largo del eje del núcleo. La invención se refiere al/a los proceso/s destinado/s a la producción continua de dicho núcleo del conductor.

15 Estado de la técnica

20 La demanda de energía eléctrica muestra una tendencia creciente en todo el mundo. La construcción de nuevas líneas de transmisión es muy cara, y la obtención de permisos para nuevas líneas se hace cada vez más difícil en Europa. Por lo tanto, los proveedores de energía tratan principalmente de aumentar la capacidad de las líneas de transmisión existentes, que se encuentran muy sobrecargadas.

Hay básicamente dos tecnologías para aumentar la capacidad de transmisión:

- 25
- El aumento del nivel de tensión mediante el uso de nuevos tipos de crucetas con aisladores de material compuesto (la actualización, por ejemplo, de 66 kV a 220 kV).
  - La sustitución del cable de ACSR (acero conductor de aluminio reforzado) tradicional que funciona a 80-85 °C con nuevos tipos de cable que funcionan a 190-200 °C.

30 La invención ofrece una solución ecológica a la denominada tecnología de sustitución de conductores más barata y fácil de implantar. La importancia de esto se ve reforzada por el hecho de que la mayoría de los cortes están causados por el fallo de los conductores de la línea de transmisión. Las roturas de los conductores por salto de corriente de las cadenas de los aisladores son especialmente frecuentes durante ciertos fenómenos meteorológicos tales como las tormentas, la formación de hielo durante el enfriamiento brusco tras períodos de calentamiento, que, hoy en día, son algo habitual en lugar de excepcional.

35 Es bien sabido que la mayoría de los conductores de líneas de transmisión de ACSR tradicionales más extendidos mencionados anteriormente consisten en núcleo de acero recubierto de cinc o aluminio y cable de alambre de aluminio a su alrededor. El primero es el elemento de soporte de carga, mientras que el segundo es responsable del transporte de la corriente.

40 La distancia entre los polos de la línea de transmisión está determinada por varios factores tales como el alargamiento del núcleo de acero, la combadura del conductor, el peso del conductor, y la carga del viento y del hielo. El hecho de que la red de transmisión apenas se pueda mantener al ritmo de la creciente demanda de electricidad, y el hecho de que haya serias limitaciones para el desarrollo de redes (sobre todo en las zonas densamente pobladas, donde la tierra disponible es escasa y cara, y las distancias de seguridad están determinadas por patrones) instan a los proveedores de servicios y a las autoridades a aumentar la capacidad de transporte de las líneas de transmisión existentes. Un método para ello es el aumento del diámetro del conductor, el otro es el aumento de la temperatura de funcionamiento del conductor. Ambos métodos tienen sus limitaciones. El aumento del diámetro se traduce en un mayor peso, con todas sus consecuencias (el aumento de la combadura y el aumento de la carga de los polos). Se puede lograr cierta mejora si los conductores tienen una sección transversal trapezoidal en lugar de circular, ya que se mejora el embalaje, pero dicha mejora es limitada. Por lo general, la temperatura de funcionamiento de los conductores de ACSR tradicionales se limita a 80 °C, a veces a 90 °C, por el hecho de que, a mayor temperatura, la estructura cristalina del conductor estirado en frío sufre una transformación (atemperado), que conduce a una reducción de la resistencia. Esto se puede contrarrestar, en cierto modo, si los conductores de aluminio atemperados se usan en combinación con núcleos de soporte de carga de cable de acero (ACSS = conductor de aluminio soportado por acero, la solución de la compañía BICC), pero en este caso, debido al componente de aluminio más débil, se ejerce una carga aún mayor sobre el núcleo de acero. De nuevo, se ofrece otra solución mediante el reemplazo del aluminio por la aleación de Al<sub>3</sub>Zr resistente al calor (por ejemplo, cable de invar producido por la empresa conjunta de Furukawa y Fujikura, Japón), pero este material es mucho más caro. Se puede consultar una buena revisión de las posibilidades de construcción de cables que consisten en componentes puramente metálicos en el sitio Web de la compañía Southwire ([www.southwire.com](http://www.southwire.com), F. Ridley Thrash Jr.: "Transmission Conductors - A review of the design and selection criteria").

Un problema adicional relacionado con las combinaciones de acero/aluminio es que, a pesar del recubrimiento de cinc o aluminio del núcleo de acero, se produce corrosión galvánica entre el núcleo de acero y el conductor de cable de aluminio que hay en torno al mismo, lo que conduce a la reducción de la vida útil del cable tradicional.

5 El reemplazo del acero por cualquier otro material que tenga capacidad de carga mecánica específica más alta (por ejemplo, resistencia a la tracción específica = resistencia dividida entre la densidad) que la del acero promete ventajas. La aplicación de materiales compuestos poliméricos en lugar del acero parece ser especialmente ventajosa a este respecto. La sustitución del núcleo de acero con materiales compuestos se ve apoyada por el hecho de que es posible la fabricación de varillas de material compuesto mediante tecnologías de pultrusión. En este caso, el refuerzo es generalmente algún tipo de fibra (fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de aramida, fibra de basalto o similar), que se encuentra incrustada axial y unidireccionalmente en la mayoría de los sistemas de resina termoendurecible (de reticulación).

15 Suponiendo este tipo de disposición de fibras, la fracción en volumen del refuerzo fibroso puede alcanzar incluso el 65 % en volumen. Se supone que la matriz formada durante el proceso de reticulación (curado) incrusta las fibras de refuerzo de forma individual, para fijarlas y protegerlas de impactos externos. El papel de la superficie de contacto (interfase) entre la fibra de refuerzo y la matriz transmite la carga desde la matriz "débil" a las fibras de soporte de carga "fuertes". La disposición axial y unidireccional de las fibras en modelos de pultrusión es especialmente favorable para los núcleos de soporte de carga de los núcleos de los conductores de transmisión, donde las propiedades tensionales desempeñan el papel más importante. Por lo tanto, no es posible sugerir varillas sometidas a pultrusión que contengan carbono u otro refuerzo de fibra para los núcleos de conductores de transmisión.

20 Los cables que contienen núcleos de material compuesto se han descrito en varias patentes. La compañía 3M ha presentado varias patentes (por ejemplo, los documentos US6180232, US6245425, US6336495, US6447927, US6460597, US7093416) para cables que contienen conductores de aluminio reforzados con fibra de óxido de aluminio (alúmina) (ACCR = conductor de aluminio reforzado con material compuesto); véase el sitio Web [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/EMD\\_ACCR/ACCR\\_Home](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/EMD_ACCR/ACCR_Home) (abril de 2008). El uso del núcleo de material compuesto de alúmina y el conductor de aleación de Al-Zr reduce el peligro de la corrosión y aumenta la temperatura de uso continuo hasta 210 °C, pero la reducción de la densidad no es tan elevada como en el caso de los núcleos de materiales compuestos poliméricos y el precio es bastante alto (6-8 veces superior al de los cables de ACSR). El documento US7093416 menciona núcleos de material compuesto con matrices poliméricas bien termoendurecibles o termoplásticas, pero, en la actualidad, no hay ninguna enseñanza relativa a las matrices termoplásticas.

35 Composite Technology Corporation (CTC) ha presentado varias patentes (por ejemplo, los documentos US7060326; US719522; US7211319; US20040026112; US20040131834, que desvela un proceso de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1; US20040131851, US20040026112) para conductores de líneas de transmisión que contienen elementos de soporte de carga de material compuesto (ACCC = conductor de aluminio, núcleo de material compuesto), que describen varios elementos del método de construcción y procesamiento. Este tipo de conductor se puede cargar hasta a 200 °C si la matriz usada es la resina epoxi especial especificada en las patentes, que tiene una temperatura de transición vítrea de 215 °C. Sin embargo, hay que señalar que el impacto y la resistencia al agrietamiento de las resinas epoxi generalmente disminuyen con la resistencia térmica, pues cuanto mayor es la densidad de reticulación, mayor es la fragilidad de la resina. Uno de los objetivos de las patentes de CTC presentadas consecutivamente era el de aumentar la velocidad de procesamiento, otro era el de mejorar la protección del núcleo de material compuesto contra impactos mecánicos y químicos (hidrolíticos). El documento US2007193767 describe de nuevo un conductor de línea de transmisión con núcleo de material compuesto, en el que el núcleo de material compuesto está rodeado por una capa aislante con el objetivo de prevenir la corrosión y el contacto galvánicos entre el núcleo reforzado con fibra de carbono y el conductor de aluminio. La esencia de la patente es que, en lugar de la cinta de poliimida (PI), se usa cinta aislante de PEEK, ya que no requiere de dicha temperatura de tratamiento térmico tan alta. El documento FR2836591 describe un cable con refuerzo de núcleo de material compuesto, en el que las fibras de refuerzo del núcleo están rodeadas por una capa trenzada que se encuentra finalmente recubierta de aluminio fundido.

55 Aunque la resistencia a la tracción es la propiedad dominante, no es el único requisito que debe cumplir el núcleo de material compuesto. El peso del cable y el peso adicional debido a la formación de hielo provocan un importante combado que induce un esfuerzo de flexión en el cable. Las ráfagas de viento generan cargas repetidas y dinámicas de fatiga (galope). Las patentes de CTC enumeradas anteriormente mencionan que, en principio (y también en la práctica), el núcleo de material compuesto se puede preparar a partir de un solo tipo de fibra de refuerzo. En la práctica, sin embargo, se prefieren las soluciones con diferentes fibras de refuerzo, distribuidas concéntricamente, estando, ventajosamente, las fibras de carbono situadas en el interior, y las fibras de vidrio, en el exterior. Los núcleos de solo fibras de carbono son ventajosos desde los puntos de vista de la resistencia y la expansión térmica, pero son mucho más rígidos. Teniendo en cuenta que los valores de alargamiento a la rotura son mucho más altos para las fibras de vidrio que para las fibras de carbono, la estructura es menos sensible a la flexión. Una rigidez demasiado alta también es desventajosa en el enrollamiento de los carretes de tamaño convencional. Otra razón para el uso de la estructura de núcleo concéntrica es que los procesos de corrosión aparecen cuando las fibras de carbono y el aluminio presentan un contacto galvánico. Esto se evita mediante la capa de resina reforzada con fibras

de vidrio construida alrededor del núcleo central reforzado con fibra de carbono. Sin embargo, este refuerzo "híbrido" en capas puede provocar la concentración de la tensión mecánica debido a las diferencias de expansión térmica, que, mediante micro-agrietamiento, pueden potenciar el fallo. La razón de este fenómeno es que ninguno de los componentes de la fibra es dúctil.

5 Las patentes de CTC mencionan, en general, una clase muy amplia de resinas de matriz, pero todos los ejemplos se refieren únicamente a resinas termoestables, y la descripción general no enseña nada acerca de la impregnación por resinas termoplásticas. El documento US7015395 presentado por Gift Technologies describe un núcleo de material compuesto con matriz termoplástica, pero es de polipropileno, lo que limita seriamente su resistencia al calor, y la fibra de refuerzo incrustada es de vidrio, con una resistencia mecánica que no es del todo satisfactoria. Esta elección podría haber estado motivada por el hecho de que había una estructura mixta de fibra disponible para este par de materiales, a partir de la cual se pudo preparar el núcleo de material compuesto consolidado de manera más fácil que mediante la impregnación de las fibras de refuerzo. En el caso de los materiales compuestos poliméricos sometidos a pultrusión con matriz termoplástica, la impregnación perfecta de las fibras de refuerzo se ve seriamente obstaculizada por la alta viscosidad de fusión, especialmente en el caso de los sistemas con alto contenido de fibra (> 60 % en volumen). No obstante, las matrices termoplásticas tienen una gran ventaja frente a las resinas termoestables: tras la vida útil de la fibra continua, los materiales compuestos fabricados con la misma se pueden procesar en gránulos reforzados con fibra corta, lo que significa que se pueden utilizar con otros fines, es decir, que se pueden reciclar. Teniendo en cuenta la masa no despreciable del cable de transmisión, este es un punto de vista importante. También debe hacerse hincapié en que la resistencia de los materiales compuestos de las matrices termoendurecibles contra estreses dinámicos, repetidos, de tipo fatiga y abrasivos es mucho menor a la de los materiales compuestos de las matrices termoplásticas. La razón principal de esto es que la ductilidad de los materiales compuestos de matrices termoendurecibles es baja, y son propensos a la fractura por fragilidad. Aunque esto último no se da en presencia de fibras de refuerzo, produciéndose, en cambio, un microagrietamiento, pero a largo plazo, esto también da problemas.

Otro problema de los polímeros epoxi termoestables es que se produce una reacción química (reticulación) durante la fabricación del producto. Se forma una gran cantidad de vapor de anhídrido durante este proceso que es perjudicial para el organismo humano, y la producción de residuos se clasifica como residuos peligrosos. Un problema adicional es que no se resuelve la utilización de la matriz de resina epoxi al final del ciclo de vida. A parte de ello, se muele y se utiliza como carga, por ejemplo, en bases para carreteras o en otros materiales compuestos termoestables, pero la mayoría se procesa como un residuo peligroso en las incineradoras. Sin embargo, las matrices termoplásticas se pueden fundir repetidas veces cuando se procesan en nuevos productos, y la forma final del producto está determinada por la conformación de la masa fundida. No hay reacciones químicas, los núcleos de conductores, el material defectuoso y los residuos de producción retirados al final del ciclo de vida se pueden reciclar fácilmente o se pueden usar como materia prima de otros productos, por lo que no se consideran residuos peligrosos.

Teniendo en cuenta todo esto y las soluciones patentadas que se conocen, la diferencia más importante que equivale a la invención es que el núcleo de material compuesto, de soporte de carga, desarrollado por los presentes inventores no daña el medio ambiente durante su producción y se puede utilizar fácilmente al final del ciclo de vida.

Ninguna de las patentes mencionadas hasta la fecha enseña nada a este respecto. Hay referencias a materiales compuestos de matriz termoplástica en la descripción general, pero no hay ejemplos y la descripción no contiene ninguna información detallada relativa a la fabricación de núcleos de materiales compuestos con matrices termoplásticas. La literatura técnica contiene referencias a la pultrusión de varillas que contienen estructuras de fibras orientadas unidireccionalmente. En estos casos, sin embargo, casi siempre el polímero de la matriz es el material que forma la matriz, añadido en forma de polvos o fibras. No obstante, la viscosidad en estado fundido de los polímeros es tan elevada que la impregnación de las fibras de refuerzo no se puede realizar con un grado o una calidad lo suficientemente altos. Por lo general, la impregnación necesaria se puede lograr si la viscosidad de la masa fundida que forma la matriz está muy por debajo de 1 Pa.s. Como este criterio casi siempre es cumplido por las resinas termoestables, a ello se debe el uso generalizado de productos sometidos a pultrusión con resinas termoestables.

55 La única excepción se produce cuando la resina termoplástica se forma por polimerización de apertura de anillo. Dichos procesos se describen, por ejemplo, en las patentes US4778874 y US5207850 para oligómeros cíclicos de policarbonato; el documento US5424388 para la polimerización aniónica de caprolactama; el documento EP 1570976 para los oligómeros cíclicos de tereftalato (encontrándose estos últimos disponibles en el mercado en Cyclics Corporation). El documento US5294461 describe un método de pultrusión que se puede usar para componentes bien termoplásticos o termoendurecibles. El ejemplo para la matriz termoplástica es la polimerización de apertura de anillo de la poliamida 6. Los documentos CN1762995 y CN1762996 describen oligómeros aromáticos cíclicos que contienen azufre, que se pueden transformar en polímero termoplástico mediante polimerización de apertura de anillo y se pueden usar como matrices de material compuesto. El documento CN1392147 describe un método sintético de producción de cetonas aromáticas cíclicas que se pueden polimerizar, mientras que el documento CN1231301 describe la polimerización de cetonas de poliariéter cíclicas. El documento WO9942523 describe laminados producidos mediante la polimerización de apertura de anillo de oligómeros de polifeniléneter. El

documento EP0505139 produce compuestos de matriz termoplástica a partir de la reacción de bis-acil-caprolactama y oligómero esencialmente aromático que tienen grupo terminal de -OH alifático, que son materiales de partida de baja viscosidad. Por lo tanto, hay materiales y procesos conocidos mediante los cuales se pueden producir productos finales sometidos a pultrusión de alto contenido de fibra a partir de materiales de partida de baja viscosidad.

Alcance de la invención y sus nuevas características:

El alcance de la presente invención es desarrollar núcleos de material compuesto de soporte de carga ecológicos para líneas de transmisión eléctrica con matriz termoplástica, que se caracterizan por una alta resistencia térmica (> 190 °C), una buena resistencia a los esfuerzos abrasivos, que se pueden reciclar fácilmente al final del ciclo de vida, y con propiedades mejoradas debido a su estructura y composición. Las propiedades mejoradas del núcleo de material compuesto significan principalmente una mejor resistencia al impacto, una mejor resistencia a la fatiga flexural y una mejor energía de fractura interlaminar. Un alcance adicional de la invención es desarrollar un proceso de alta calidad y alta productividad para la producción del núcleo de material compuesto y del cable de transmisión.

La base de la invención es el hecho (conocido por sí mismo) de que si se usan monómeros cíclicos, oligómeros o una mezcla de los mismos en presencia de un catalizador adecuado, la baja viscosidad en estado fundido permite una impregnación perfecta del material de refuerzo, así como un proceso de pultrusión de alta productividad durante el proceso de polimerización *in situ*. Un hecho adicional (también conocido por sí mismo) es que se pueden adaptar las propiedades de la matriz termoplástica por copolimerización y/o por transreacciones en fase de fusión. La nueva característica más importante de la presente invención es que mediante transreacciones en fase de fusión y mediante la selección adecuada de fibras de refuerzo poliméricas es posible modificar la estructura del núcleo de material compuesto portador de carga (por ejemplo, mediante la generación de estructura en gradiente) sin influir negativamente en la capacidad de reciclaje de la estructura obtenida de esta manera. La modificación mediante transreacciones se puede lograr mediante la inclusión de fibras con puntos de fusión inferiores a la temperatura de procesamiento del material de la matriz o incluso inferiores a la temperatura de la polimerización de apertura de anillo, y que pueden reaccionar con el sistema de polimerización *in situ*. Una ventaja adicional de las transreacciones aparece durante el reciclado. Las transreacciones mejoran la compatibilidad de los componentes poliméricos y, por lo tanto, las propiedades de la mezcla de polímero. Además, también se pueden usar fibras de refuerzo que consistan en polímeros termoplásticos, pero que tengan puntos de fusión superiores no solo a la temperatura de polimerización, sino también al punto de fusión del polímero formado durante la polimerización. (Se ha supuesto que tanto el polímero de la matriz como el refuerzo consisten en polímeros parcialmente cristalinos. Si alguno de los polímeros mencionados fuera amorfo, se debe usar la temperatura de transición vítrea en lugar de la temperatura de transición vítrea). La fibra de refuerzo se debe seleccionar de manera que el polímero formado durante el proceso de polimerización y/o durante la transreacción humedezca bien su superficie. Además, es útil que se produzcan transreacciones entre el material de la fibra de refuerzo y el polímero de la matriz, ya que se mejora la adhesión. Las fibras diseñadas para participar en las transreacciones o las fibras de refuerzo del polímero termoplástico que quedan después de la reacción se deben disponer sobre el haz de fibras de refuerzo (normalmente, el haz de fibras de carbono que constituye la parte central del núcleo de material compuesto), de manera que, tras empaparlas con el oligómero cíclico, formen una capa eléctricamente aislante concéntrica, entre el núcleo interno de fibra de carbono y los conductores de aluminio que posteriormente se van a enrollar en torno al mismo. Esto no solo evita el contacto galvánico y la corrosión, sino que también proporciona una protección mecánica e hidrolítica a la parte central del núcleo de material compuesto. La densidad de las fibras de refuerzo del polímero es inferior a la de las fibras de vidrio, por lo que, a igual espesor, se reduce la masa del núcleo de material compuesto, su módulo es inferior al de las fibras de vidrio, por lo que una capa más delgada es suficiente para lograr la proporción de resistencia/elasticidad adecuada, y su alargamiento a la rotura es sustancialmente superior al de las fibras de vidrio, por lo que la resistencia al agrietamiento y a la fatiga del núcleo de material compuesto será alta y amortiguará mejor las posibles vibraciones. Todo esto se consigue de manera que, al final del ciclo de vida del cable, se pueden preparar valiosos microgránulos termoplásticos reforzados de fibra corta o larga, que se pueden utilizar, por ejemplo, en la industria de la automoción o se pueden usar con otros fines estructurales.

Es sorprendente para los expertos en la materia que, en presencia de catalizadores apropiados, ciertos monómeros y/u oligómeros y mezclas de los mismos sufren polimerización *in situ*, y las propiedades del producto formado se pueden adaptar de acuerdo a las necesidades de los presentes inventores. Hasta la fecha, se ha hecho hincapié en el carácter selectivo de las polimerizaciones de apertura de anillo. Es aún más sorprendente que los polímeros adecuados sean capaces de sufrir transreacciones con el medio sometido a polimerización *in situ* si su temperatura de licuefacción es inferior a la temperatura de la polimerización *in situ*.

También es sorprendente que el medio sometido a polimerización *in situ* presente una buena adhesión a las fibras textiles o estructuras de polímero seleccionadas adecuadamente que tienen un punto de fusión más alto que la temperatura de polimerización.

Definiciones, figuras:

5 “Oligómero cíclico” pretende significar un compuesto cíclico que tiene unas cuantas (1-10) unidades de repetición y que, en presencia de los catalizadores adecuados, se puede transformar en polímeros de cadena abierta (lineal) mediante la apertura del anillo. El caso limitante de los oligómeros cíclicos es el monómero cíclico, también capaz de someterse a polimerización de apertura de anillo. En la práctica, con frecuencia, no se usan monómeros u oligómeros cíclicos puros, sino una mezcla de oligómeros de diversos grados de polimerización, pues el punto de fusión de dichas mezclas es inferior al de los monómeros u oligómeros puros.

10 “Transreacción” pretende significar las reacciones que ocurren entre oligómeros cíclicos y otros polímeros, químicamente relacionados, que se disuelven parcial o totalmente en los oligómeros fundidos o en la mezcla de reacción y dan lugar a copolímeros (S. Fakirov (editor): “Transreacciones in Condensation Polymers”, Wiley -VCH, Weinheim, 1999). Ventajosamente, el catalizador de las transreacciones es idéntico al de la polimerización de apertura de anillo.

15 Los “materiales compuestos poliméricos” son polímeros reforzados con dos o más materiales de diferente composición, que se pueden distinguir bien entre sí, pero que están en contacto entre sí a través de una capa intermedia común. Las propiedades de los materiales compuestos dependen de la combinación adecuada de sus constituyentes, y estas propiedades son mejores que las de los constituyentes, siendo con frecuencia individuales (véase: SP Systems: “Guide to Composites”, <http://www.gurit.com>). Los materiales compuestos consisten en fibras y matriz, en los que la fibra es el soporte de la carga y la matriz es el componente de transmisión de la carga. “Materiales compuestos de fibra larga” pretende significar materiales compuestos en los que la longitud de las fibras de refuerzo es prácticamente infinitamente superior a su diámetro. Un material compuesto se denomina “unidireccional” si las fibras de refuerzo son esencialmente paralelas entre sí.

20 La “pultrusión” es una técnica de procesamiento en la que haces de fibras paralelas, esencialmente infinitas (que se denominan mechas en el caso de las fibras de vidrio y estopas en el caso de fibras de carbono) se empapan de resinas líquidas o masas fundidas poliméricas y, a continuación, se consolidan los materiales compuestos (es decir, se eliminan el polímero en exceso y los huecos) mediante el estirado del haz de fibras empapado a través de una herramienta de conformación. El endurecimiento del material compuesto se produce a través de reacciones químicas en el caso de las resinas termoendurecibles y por enfriamiento en el caso de los sistemas termoplásticos. Mediante pultrusión, se pueden producir perfiles, tubos y varillas.

25 Estructura del cable reforzado con fibra de carbono con matriz termoplástica de acuerdo con la invención:

35 En la Figura 1, se muestra la estructura del núcleo del cable de soporte de carga y del propio cable.

40 El núcleo de soporte de carga (2) consiste en fibras de carbono (o, en ocasiones, otras fibras inorgánicas u orgánicas de alta resistencia) incrustadas en la matriz termoplástica resistente al calor. El recubrimiento de protección (4) es una capa de protección con una matriz esencialmente idéntica a la del núcleo (2) (con posibles modificaciones por el material de las fibras termoplásticas que participan en la transreacción), que contiene opcionalmente fibras de refuerzo termoplásticas que, sin embargo, permanecen en estado sólido incluso una vez desarrollada totalmente la matriz, y finalmente tanto (2) como (4) se recubren con los perfiles de conductor de aluminio trenzados.

45 En la Figura 2, se muestra una posibilidad realización del proceso de producción de acuerdo con la invención.

En la Figura 2, se muestran bobinas (8) de fibra de carbono y su estructura de soporte.

50 El desenrollado de las estopas de fibra de carbono de las bobinas (10) se realiza mediante pretensado mecánico (frenado) con el fin de garantizar una tensión uniforme de las fibras en el producto.

La unidad N° 12 posibilita el tratamiento previo de las fibras de carbono que pasan continuamente (precalentamiento, eliminación de la humedad adsorbida y, en ocasiones, tratamiento plasmático).

55 Desde el alimentador (14) de la extrusora, la matriz termoplástica (o el oligómero cíclico usado para la producción del polímero) - que puede ser un microgránulo o un polvo a temperatura ambiente - alcanza, en presencia de gases inertes (16) (excluyendo el oxígeno), la zona de alimentación de la extrusora que se encuentra entre las espiras, donde se funde gradualmente, estando la forma final del perfil sometido a pultrusión determinada por el troquel (18) unido al extremo de la extrusora. En dicho troquel (18), se produce la impregnación de cada fibra de carbono, que se divide en al menos dos zonas de calentamiento, donde, bajo el efecto del calor, la viscosidad desciende considerablemente por debajo de 1 Pa.s, de manera que puede impregnar fácilmente cada una de las fibras.

60 En el horno (20), dividido en al menos dos zonas de calentamiento, se realiza la polimerización completa (y quizás las transreacciones) en forma de reacciones de apertura de anillo.

65

## ES 2 550 462 T3

La unidad N° 21 aplica las fibras textiles termoplásticas sobre el núcleo ya impregnado mediante trenzado o enrollamiento.

5 El tornillo de la extrusora N° 22 funde los oligómeros cíclicos cargados para recubrir el núcleo de fibras de carbono en línea procedente del horno N° 20, cubierto por una nueva capa de fibras. El sistema de oligómero cíclico aplicado en la segunda etapa no es necesariamente idéntico al usado para la impregnación del núcleo.

10 De manera similar a la extrusora N° 14 descrita anteriormente, se vuelve a producir la fusión del compuesto mencionado anteriormente en la zona de alimentación de la extrusora N° 22 en presencia de gases inertes (24).

15 La capa protectora N° 4 (con un espesor típico de 0,1-5 mm) se aplica sobre el núcleo reforzado de fibra de carbono (2) mediante coextrusión en línea, usando el troquel (26) dividido en al menos dos zonas de calentamiento. La polimerización completa de la capa protectora (4) y su fusión completa con el núcleo reforzado de fibra de carbono (2) se produce en el horno N° 28, dividido en al menos dos zonas de calentamiento.

La fuerza mecánica necesaria para la producción continua del perfil con refuerzo de fibra de carbono y matriz termoplástica que se ha descrito anteriormente se proporciona mediante la unidad de arrastre (30).

20 La unidad de corte (32) corta los perfiles fabricados por pultrusión continua en una longitud preestablecida. Finalmente, aunque depende de la demanda de diámetro y longitud, normalmente se enrollan de 1.500 a 2.000 m de perfiles reforzados con fibra de carbono mediante la unidad de enrollamiento N° 34.

En la Figura 3, se muestra otra posible realización.

25 En la Figura 3, las bobinas de fibra de carbono y su estructura de soporte junto con la unidad de pretensado se indican con el N° 36.

La unidad de guía (38) de las fibras impide que las estopas se retuerzan.

30 La unidad N° 40 realiza el tratamiento previo de las fibras de carbono, es decir, el calentamiento, la eliminación de la humedad adsorbida y, quizás, el tratamiento plasmático.

35 La unidad N° 42 trenza o enrolla las fibras textiles poliméricas en dirección transversal a las estopas de fibra de carbono (*pullbraiding, pullwinding*).

Desde el alimentador (44) de la extrusora, la matriz termoplástica alcanza la zona de alimentación de la extrusora y se va fundiendo allí gradualmente.

40 En la unidad N° 46, el oxígeno es desplazado por los gases inertes.

La unidad N° 48 es el troquel calentado (con al menos dos zonas de calentamiento) que da la forma final del perfil sometido a pultrusión; aquí se impregna cada una de las fibras de carbono.

45 La unidad N° 49 realiza la aplicación de las fibras textiles termoplásticas sobre el núcleo previamente impregnado mediante trenzado.

La unidad N° 50 es el horno, donde se completa el proceso de polimerización (al menos dos zonas de calentamiento).

50 La unidad N° 52 es la unidad de arrastre que proporciona la fuerza mecánica necesaria para la producción continua del perfil reforzado con fibra de carbono descrito anteriormente.

La unidad N° 54 es la unidad de corte que (dependiendo de la longitud preestablecida) corta en pedazos los perfiles sometidos a pultrusión de manera continua.

55 La unidad N° 56 es la unidad de enrollamiento, que enrolla los perfiles reforzados con fibra de carbono hasta el diámetro y la longitud necesarios.

60 En este punto, las estopas de fibras de carbono esencialmente paralelas que constituyen el núcleo se cubren, antes de la impregnación, con un sistema de fibras continuo producido mediante trenzado, tricotaje circular u otra tecnología, que incluye las fibras de polímero consumidas en la transreacción o las que quedan tras la transreacción.

65 La ventaja de dicha solución frente a la mostrada en la Figura 2 es que la impregnación y el recubrimiento por una capa aislante se pueden realizar en una sola etapa. La desventaja es que la capa exterior no es tan suave como en el caso de las estopas paralelas, por lo que la eliminación del exceso de resina no resulta tan fácil mediante estiramiento a través del troquel, y no es posible usar dos sistemas de oligómeros diferentes para impregnar el

núcleo y la capa de recubrimiento. No obstante, es cierto que (también) hay fibras dúctiles en la capa exterior, lo que reduce la probabilidad de fractura de las fibras cuando se aplica presión perpendicular para eliminar el exceso de resina. Se puede decidir entre las dos soluciones basándose en consideraciones técnicas.

##### 5 Descripción detallada de la invención:

A continuación, en el presente documento, se proporciona una descripción más detallada de las materias primas y las soluciones que se pueden usar para la producción del núcleo de conductor de material compuesto de acuerdo con la invención.

10 El "refuerzo" del núcleo de matriz termoplástica indicado como N° 2 en la figura es fibra de carbono, pero también puede ser vidrio, basalto, aramida u otra fibra sintética o natural. La disposición ventajosa de las fibras es unidireccional, en la que las fibras están orientadas en paralelo con el eje de la varilla. Es importante mencionar que el material de preparación (encolado) compatible con la matriz termoplástica se aplica sobre las fibras de carbono  
 15 elementales (ya sea en la fabricación de las fibras o posteriormente), lo que potencia la adhesión ideal entre la fibra de carbono y la matriz. Mäder *et al.* ("Composites Science and Technology" 67, 3140-3150 (2007)) estudiaron el refuerzo de fibra de vidrio y butilentereftalato cíclico (CBT), composición de encolado que proporciona propiedades óptimas. Encontraron que una aplicación conjunta de aminosilanos y materiales filmógenos a base de epoxi da los mejores resultados. Aunque los resultados obtenidos para las fibras de vidrio no se pueden transferir de manera  
 20 sencilla a las fibras de carbono debido a las diferencias en la química de la superficie, los resultados son importantes, ya que indican la necesidad de optimizar el sistema de encolado.

La "matriz termoplástica" es un sistema de polimerización mediante un mecanismo de apertura de anillo. Con este fin, se pueden usar principalmente poliamidas, poliésteres, policarbonatos, polilactidas, poli(sulfuro de fenileno),  
 25 derivados de poli(sulfuro de fenileno) y derivados de poliariletercetona. Los materiales de partida siempre son monómeros y/u oligómeros cíclicos, que se pueden preparar o adquirir de esta forma. (Para el desarrollo de oligómeros de policarbonato y poliéster cíclicos, véase, por ejemplo, "Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry", 46, 1151-1164 (2008); para aplicaciones similares de polisulfuros aromáticos, véase, por ejemplo, "Journal of Material Science" 42, 1156-1161, (2007); para la polimerización de apertura de anillo de lactamas, véase, por ejemplo, R. Puffr, V. Kubanek: "Lactam Based Polyamides, Polymerization, Structure", CRC Press, (1991)). Los oligómeros de butilentereftalato cíclicos se pueden adquirir en Cyclics Corporation en diversas formas catalizadas o no catalizadas, la caprolactama o lauril-lactama se pueden adquirir en varios fabricantes para la polimerización de poliamida. La preparación de oligómeros cíclicos a partir de plásticos de ingeniería de alto rendimiento con resistencia al calor extremo, por ahora, solo es objeto de la literatura técnica, pero se espera que dichos productos  
 35 aparezcan pronto en el mercado.

Una gran ventaja de la polimerización de anillo de los oligómeros cíclicos es que, por lo general, es casi no térmica, siendo, en cambio, la fuerza motriz el cambio de entropía (véase "EXPRESS Polymer Letters" 1, 60-68, (2007)) - lo que facilita el control isotérmico de la reacción de polimerización. (El carácter casi no térmico no se cumple para los monómeros cíclicos como, por ejemplo, la caprolactama, lauril-lactama etc.). La polimerización de apertura de anillo de los oligómeros cíclicos se realiza generalmente de manera isotérmica, por debajo del punto de fusión del polímero que se está formando. Por lo general, el peso molecular del polímero obtenido como resultado de la polimerización es alto, y las propiedades mecánicas son ventajosas. En el caso del poli(butilentereftalato) obtenido mediante la polimerización del butilentereftalato cíclico (CBT), indicado como pCBT, no presenta una resistencia  
 45 óptima al impacto, debido a su gran cristalinidad. Por lo tanto, puede ser útil combinarlo con "nanocargas" tales como nanoarcilla organofílica o nanotubos de carbono (véase "Macromolecules", 36, 8593-8595 (2003)). Esto afecta de manera ventajosa no solo a las propiedades cristalinas, sino también a la inflamabilidad. En general, se acepta que, aunque las nanocargas no son retardantes de la llama por sí mismas, reducen sustancialmente la tasa de liberación de calor durante la combustión de los plásticos, especialmente el valor máximo, la denominada tasa de liberación de calor pico. La aplicación de nanocargas en la construcción de acuerdo con la invención mejora sus propiedades mecánicas y disminuye la probabilidad de propagación de la llama en caso de un cortocircuito por fuego en el transformador. Sin embargo, cuando se usan nanocargas, se debe tener cuidado en no aumentar la viscosidad de la masa fundida de oligómero cíclico de la polimerización mediante el uso de demasiada carga, ya que obstaculizaría la impregnación de las fibras. La cantidad de nanocarga útil es del 0,5 al 5 % en peso del oligómero  
 50 cíclico, ventajosamente del 1 al 2 % en peso. La tecnología de producción de pCBT requiere una gran atención, ya que las propiedades mecánicas dependen de las condiciones de polimerización de una manera muy complicada (por ejemplo, si la cristalización se produce durante la polimerización o solo después, de cuáles son las condiciones de nucleación etc.), incluso en ausencia de nanocargas.

Además del uso de nanocargas, la resistencia al impacto del polímero preparado mediante la polimerización de oligómeros cíclicos se puede mejorar mediante "copolimerización", ya sea mediante el uso de más tipos de monómeros cíclicos o mediante el uso de las denominadas transreacciones que se describirán más adelante. El CBT se puede copolimerizar, por ejemplo, con caprolactama ("Macromolecules" 37, 6793-6800, (2004)) o caprolactama con lauril-lactama (PL159800, "Journal of Applied Polymer Science", 36, 495-509, (1988)), lo que  
 65 mejora la resistencia al impacto.

Para facilitar la pultrusión o mejorar las propiedades del núcleo sometido a pultrusión, se pueden usar fibras textiles cuidadosamente seleccionadas bien dentro del núcleo N° 2 de la Figura 1 (combinadas con fibra de carbono) o en la capa N° 4 que se usa para evitar la corrosión galvánica y garantizar una proporción adecuada entre la resistencia y la elasticidad. Si se usa en la capa exterior, la fibra que se usará en la transreacción se puede trenzar, enrollar, tricotar o aplicar alrededor del núcleo reforzado con fibra de carbono mediante cualquier otro método. La expresión "fibra textil polimérica con tendencia a la transreacción" se refiere a cualquier fibra polimérica, siempre que se pueda caracterizar por cualquiera de los siguientes estados:

- a) Su temperatura de fusión es inferior a la temperatura de pultrusión y puede participar en las transreacciones con el sistema de polimerización *in situ*.
- b) Su temperatura de fusión es superior a la temperatura de pultrusión, pero en una masa fundida compartida con la matriz, se pueden producir transreacciones entre las mismas

Las combinaciones ventajosas de matriz/"modificador" textil pueden ser, por ejemplo, las siguientes:

- a) Poli(butilentereftalato) (PBT)/policaprolactona (PCL); PBT/polilactida; poliamida 6/poliamida 12; copolímero de poliamida 6/poliamida 612; copolímero de poliamida 6/polieteramida (documento US4297454).
- b) Poliamida-6/poliamida-66; PBT/poli(etilentereftalato) (PET); poliamida 12/poliamida-6 o poliamida-66; policarbonato (PC)/PET.

En el caso a), la aparición de transreacciones mejora la ductilidad de la capa dada, pues se reduce la cristalinidad del PBT. Esto es muy ventajoso para la estructura del núcleo del cable, teniendo en cuenta la flexión y las tensiones de flexión-fatiga. En el caso de los aditivos de polímero sometidos a transreacciones durante la disolución, se debería prestar atención en no poner en peligro la resistencia al calor del polímero de la matriz (el punto de fusión de PA6 es de 220 °C y el del PBT es de 224 °C, siendo ambos más altos que el punto de transición vítrea de los epoxis más comunes). Un grado de copolimerización demasiado alto (especialmente de copolimerización aleatoria) disminuye la cristalinidad y el tamaño de los cristalitas, reduciendo el punto de fusión.

En el caso b), se cuenta con una clase especial de refuerzo. La cristalización de la matriz de la polimerización *in situ* comienza a partir de la fibra textil. Esta última actúa como agente de nucleación heterogénea, dando lugar a una transcristalinidad. La presencia de una superficie de contacto transcristalina garantiza la transmisión de la carga desde la matriz a estas fibras textiles. El siguiente artículo es fidedigno en cuanto a la noción, el aspecto y el efecto de la transcristalinidad: H. Quan, Z.-M. Li, M.-B. Yang y R. Huang: "On transcrystallinity in semi-crystalline polymer composites, Composites Science and Technology" 65, 999-1021, (2005). Con respecto a la transreacción que se produce o se induce en fase de fusión, es fidedigno el contenido del siguiente libro: S. Fakirov (editor): "Transreactions in Condensation Polymers", Wiles -VCH, Weinheim, 1999. En relación a esto, es importante tener en cuenta que es sumamente ventajoso que el catalizador de la polimerización de apertura de anillo sea idéntico al de la transreacción.

La/s capa/s del conductor indicadas con el N° 6 en la Figura 1 se aplican sobre el núcleo descrito anteriormente. En cuanto al método de aplicación de los conductores y la geometría de los perfiles de alambre de aluminio, se conocen varias soluciones tradicionales, véase F. Ridley Thrash, Jr.: "Transmission Conductors - A review of the design and selection criteria" en la siguiente página Web: [www.southwire.com](http://www.southwire.com).

## Ejemplos

A continuación, se describen algunos ejemplos (no excluyentes) para la realización de la presente invención.

### Ejemplo 1

Se sometió a pultrusión una varilla de 6 mm de diámetro y sección transversal circular, que contenía el 60 % en volumen de fibra de carbono (FC) usando los siguientes materiales:

Mezcla de oligómeros de CBT ( $n = 2 \dots 7$ ) que contiene catalizador - CBT 160 (Cyclics Europe, Alemania), estopa de FC que consiste en 50.000 fibras elementales Sigrafil C30 T050 EPY 50 K (SGL Carbon, Alemania), tejidos de polietilentereftalato (PET) (fibras elementales 0,5 tex, Trevira, Alemania), fibra de policaprolactona (fibras elementales 0,5 tex, fabricadas de Capa 650 PCL/Solvay, Bélgica /).

La pultrusión se realizó de acuerdo con la Figura 3 a una velocidad de 0,7 m/min. Las temperaturas de zona  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$  de la unidad N° 48 fueron 170, 180 y 190 °C, respectivamente. Los termostatos de circulación de aire de la unidad N° 50 se configuraron en  $T_1 = T_2 = 240$  °C. El recubrimiento de la estopa de FC se realizó formando una mecha en una capa con el uso de fibras de PET o PCL. También se preparó un núcleo de material compuesto sin mecha de fibra textil como referencia. Las muestras de ensayo se mecanizaron en forma de varillas, y se sometieron a ensayos de tracción y de flexión de acuerdo con las normas pertinentes (EN ISO 527 y EN ISO 178). De acuerdo con el estudio microscópico de las secciones pulidas, en contraste con el PCL, quedó fibra de PET. Esto demuestra que el CBT se copolimerizó con el PCL, es decir, se produjeron reacciones de transesterificación entre los mismos.

Se realizaron experimentos para determinar el efecto de la copolimerización directa de la caprolactona (CL) y el CBT 160. En este experimento, se añadió la misma cantidad de CL (Solvay, Bélgica) al CBT 160 que la construida en el núcleo mediante trenzado de PCL. En la Tabla 1, se resumen los resultados de los ensayos.

5

Tabla 1. Resultados de los ensayos de tracción y de flexión

Material	Tracción			Flexión	
	Módulo [GPa]	Resistencia [MPa]	Alargamiento [%]	Módulo [GPa]	Resistencia [MPa]
Referencia	114	1.070	0,9	96	970
Núcleo con fibra de PET	125	1.200	1,3	95	1.100
Núcleo con fibra de PCL	140	1.340	1,7	90	1.250
Núcleo con copolimerización de CL	148	1.460	2,0	92	1.400

Nota: la desviación estándar es inferior a  $\pm 5$  %.

Ejemplo 2

En este caso, se usó el proceso de acuerdo con la Figura 2 con los mismos materiales descritos en el Ejemplo 1. Los parámetros de la producción experimental también fueron idénticos a los del Ejemplo 1. Como el objetivo de los presentes inventores era, en este caso, analizar el papel de la capa exterior formada en la copolimerización directa, se usó la unidad de impregnación N° 22 para aplicar bien CBT 160 (referencia) o CBT 160 que contenía el 5 % en peso de CL. En un experimento adicional, el material de la capa exterior se modificó mediante la adición de nanotubos de carbono de pared múltiple al 0,5 % en peso (MWCNT, Baytubes® C150 P, Bayer Materials, Alemania). En la Tabla 2, se resumen las propiedades de tracción.

10

15

Tabla 2. Resultados del ensayo de tracción

Material	Tracción		
	Módulo [GPa]	Resistencia [MPa]	Alargamiento [%]
Referencia	93	940	1,3
Copolímeros de CL/CBT recubiertos	90	1.390	2,3
Copolímeros de CL/CBT recubiertos que contenían MWCNT	92	1.450	2,2

Cabe señalar que también se observó el efecto modificador de MWCNT en los ensayos de retardo de la llama (disminución de la tendencia al goteo).

20

Ejemplo 3

En este caso, se siguió el proceso de la Figura 3 usando la tecnología de polimerización aniónica activada de Quattroplast Ltd. (Hungría), basada en  $\epsilon$ -caprolactama. El material de partida fue una mezcla 90/10 de caprolactama y lauril-lactama. Para el trenzado de la estopa de FC (idéntico al mencionado en el Ejemplo 1), se usó una fibra a base de PA 6.6 (fibra de nylon 1,5 tex, Solutia Inc. EE.UU.) en una capa. El programa de temperatura de la unidad N° 48 fue: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> de 100, 120, 150 °C, respectivamente, mientras que los datos correspondientes a la unidad N° 50 fueron T<sub>1</sub> = T<sub>2</sub> = 220 °C. La velocidad de pultrusión, en este caso, fue de 1 m/min. Como sistemas de referencia, se usaron aquellos que no contenían trenzado bien de lauril-lactama o de PA 6.6, o ninguno de ellos. En la Tabla 3, se muestran los resultados del ensayo de flexión.

25

30

Tabla 3. Resultados del ensayo de flexión

Material	Flexión	
	Módulo [GPa]	Resistencia [MPa]
Referencia - sin lauril-lactama	95	980
Copolimerización con lauril-lactama	115	1.250
Referencia - con núcleo copolimerizado, pero sin trenzado de PA 6.6	98	1.130
Núcleo de copolímero con trenzado de PA 6.6	96	1.410

35

La ventaja de la copolimerización también se presentó en el resultado de la resistencia al impacto. La resistencia al impacto (norma EN ISO 179) de la segunda muestra de la Tabla 3 superó en aproximadamente un 40 % el valor correspondiente de la primera muestra de referencia.

**REIVINDICACIONES**

1. Proceso de producción de núcleo de material compuesto con matriz termoplástica para cables de líneas de transmisión eléctrica con la incorporación de fibras y estructuras de refuerzo usando pultrusión, donde

- 5
- a) se usa una estructura a base de fibras textiles termoplásticas para modificar la estructura del núcleo; y
  - b) el material que constituye la matriz del núcleo termoplástico se forma en un proceso de polimerización de apertura de anillo de oligómeros y mezclas de los mismos que tienen una viscosidad de fusión inferior a 1 Pa.s; y
  - 10 c) la estructura del núcleo y las propiedades de los materiales se pueden modificar mediante transreacciones en fase de fusión, que pueden producirse bien durante el proceso de pultrusión o durante el proceso de fusión usado para el reciclaje del material del núcleo;

15 caracterizado por que, mediante la adición del 0,5 al 5 % en peso, ventajosamente del 1 al 2 % en peso, de nanocarga en comparación con el peso de los materiales usados para la polimerización de apertura de anillo, se reducen sustancialmente la velocidad de combustión del núcleo y el valor máximo de la misma .

20 2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que las fibras textiles termoplásticas usadas para modificar la estructura del núcleo o el material del núcleo tienen temperaturas de fusión superiores a la temperatura de la polimerización de apertura de anillo, las fibras desempeñan un papel de refuerzo/flexibilización durante el uso del cable y la transreacción de modificación de la estructura se produce durante el reciclaje.

25 3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que las fibras textiles termoplásticas usadas para modificar la estructura del núcleo o el material del núcleo tienen temperaturas de fusión inferiores a la temperatura de la polimerización de apertura de anillo y la transreacción de modificación de la estructura se produce ya durante la producción del cable.

4. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que los materiales de polimerización de apertura de anillo son ventajosamente monómeros y/u oligómeros de tipo lactama, éster o éter, o mezclas de los mismos.

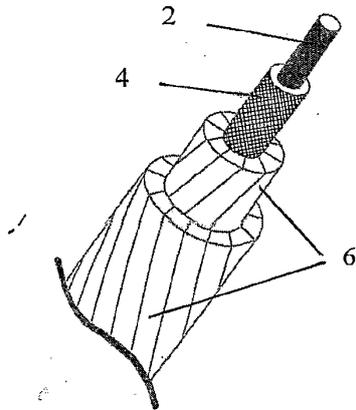


Fig. 1

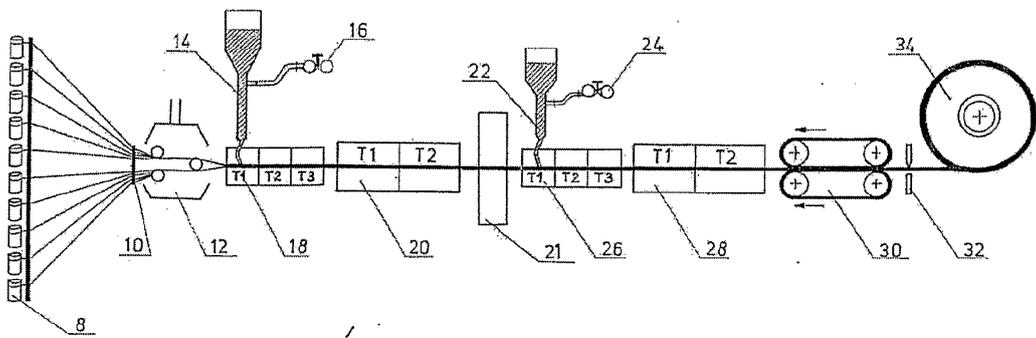


Fig. 2

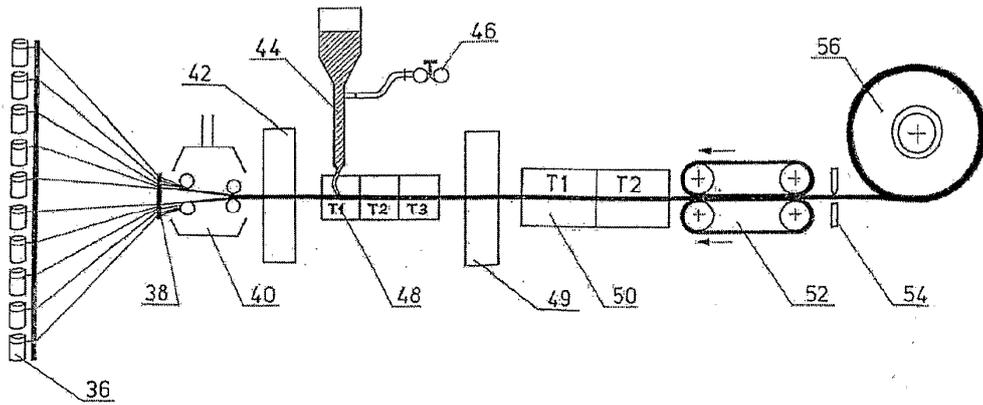


Fig. 3