

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 383**

51 Int. Cl.:

H01B 13/14

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2012** **E 12716849 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015** **EP 2697805**

54 Título: **Procedimientos de fabricación de alambre, preproductos de alambre y alambres**

30 Prioridad:

13.04.2011 US 201113085929

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

04.04.2016

73 Titular/es:

GENERAL CABLE INDUSTRIES, INC. (100.0%)
4 Tesseneer Drive
Highland Heights KY 41076, US

72 Inventor/es:

KELLEY, FREDERICK J.

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 565 383 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

Procedimientos de fabricación de alambre, preproductos de alambre y alambres

5 **REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA**

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente de Estados Unidos No. 13/085.929.

10 **SECTOR TÉCNICO**

La presente divulgación se refiere a procedimientos ejemplares para fabricar alambres, así como a preproductos de alambre extrudidos ejemplares y alambres ejemplares.

15 **ANTECEDENTES**

El término “alambre”, tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a un núcleo conductor, en el que el núcleo conductor está envuelto por, como mínimo, una capa aislante. El término “alambre” tal como se utiliza en el presente documento también abarca cables, o grupos de dos o más núcleos conductores aislados.

Los alambres han sido ubicuos desde, como mínimo, la era industrial para todo tipo de aplicaciones eléctricas. Estas aplicaciones incluyen, sin limitación, alimentación eléctrica comercial y residencial, electrodomésticos, ordenadores y dispositivos electrónicos personales de todas las formas y tamaños, vehículos de todo tipo, incluyendo automóviles y caravanas que funcionan con combustibles fósiles y que funcionan con electricidad.

25 Históricamente, los alambres se fabricaron mediante un sencillo procedimiento de termocurado. El procedimiento de termocurado histórico implicaba introducir un núcleo conductor en una extrusora en la que, como mínimo, una capa aislante se extruyó alrededor del núcleo conductor. Para formar capas aislantes utilizando dichos procedimientos, todos los materiales de partida, incluyendo polímeros reticulables y sus agentes de curado asociados, se combinaron en una extrusora antes de la extrusión. A continuación, los materiales de partida se extruyeron
30 alrededor del núcleo conductor a temperaturas que variaban entre aproximadamente 80°C y aproximadamente 110°C dependiendo de los materiales particulares. A continuación, el preproducto de alambre extrudido se termocuró a temperaturas que variaban entre aproximadamente 135°C y aproximadamente 155°C durante un periodo de tiempo para causar suficiente reticulación en la capa o capas aislantes para otorgar a la capa o capas aislantes las propiedades deseadas, incluyendo propiedades físicas, mecánicas y/o eléctricas.

35 Dichos procedimientos de termocurado históricos eran eficaces y relativamente económicos. Por ejemplo, añadiendo todos los materiales de partida a la extrusora a aproximadamente el mismo tiempo, los fabricantes pueden haber conseguido una ganancia en eficiencia de fabricación. Es decir, los fabricantes podrían evitar ralentizar las velocidades de la cadena de fabricación y podrían evitar adquirir equipo adicional para gestionar la adición de diferentes materiales en momentos diferentes.

40 Sin embargo, los procedimientos de termocurado históricos se enfrentaban a numerosos desafíos. Por ejemplo, los fabricantes buscaban evitar la reticulación prematura durante la extrusión, también conocida como quemadura superficial “scorching”. La quemadura superficial significativa podría dañar el equipo de extrusión y generar alambre que no cumpliría las especificaciones técnicas, incluyendo especificaciones físicas, mecánicas y/o eléctricas. Por
45 consiguiente, se dejó experimentar a los fabricantes con combinaciones de polímero y agente de curado para minimizar la quemadura superficial.

Finalmente, las exigencias técnicas sobre el alambre se volvieron más sofisticadas, y el alambre producido mediante
50 procedimientos de termocurado históricos no consiguió satisfacer diversas especificaciones técnicas. Esto se produjo en muchas industrias. A modo de ejemplo no limitante, en la industria de la automoción, ciertos fabricantes de equipo original (OEM) requieren que el alambre resista abrasión por raspado de modo que, cuando un núcleo conductor de un alambre tiene un área de sección transversal de 0,22 mm² o menos, el aislamiento sobre el alambre permanece intacto después de 150 ciclos de raspado abrasivo con una aguja que tiene un diámetro de 0,45 ± 0,01 mm. El alambre fabricado mediante procedimientos de termocurado históricos no satisface este estándar.

Para cumplir las crecientes exigencias técnicas sobre el alambre, los fabricantes se alejaron cada vez más de
60 procedimientos de termocurado históricos y se acercaron a procedimientos de fabricación por radiación o haces de electrones (haz de electrones “e-beam”). De hecho, los procedimientos de fabricación por haz de electrones se siguen utilizando hoy en día.

Los procedimientos de fabricación por haz de electrones habitualmente implican introducir un núcleo conductor en una extrusora donde, como mínimo, una capa aislante se extruye alrededor del núcleo conductor. Para formar una
65 capa aislante, todos los materiales de partida para la capa se añaden a la extrusora. Después, los materiales de partida se extruyen alrededor del núcleo conductor. A continuación, el preproducto de alambre extrudido se recoge en una bobina antes de exponerlo a radiación. La radiación inicia el curado, así que habitualmente no se utilizan

agentes de curado en procedimientos de fabricación por haz de electrones.

Los procedimientos de fabricación por haz de electrones presentan ventajas respecto a los procedimientos de termocurado históricos. Como ejemplos no limitantes, la reacción de reticulación en procedimientos de fabricación por haz de electrones es más rápida y más uniforme, especialmente para alambres de pared fina. Los procedimientos de fabricación por haz de electrones producen alambre que cumple las especificaciones técnicas más exigentes. Como ejemplo no limitante, los procedimientos de fabricación por haz de electrones son más eficaces en la preparación de alambres resistentes a la abrasión y alambres de pared ultrafina con una calificación de clase de temperatura de Clase D (150°C) o superior.

Los procedimientos de fabricación por haz de electrones, sin embargo, también implican numerosos desafíos. El equipo es costoso y hay procedimientos de seguridad y precauciones concomitantes cuando se utiliza radiación en un procedimiento de fabricación. Estos esfuerzos de seguridad pueden sumarse a los gastos y ralentizar las velocidades de la cadena de fabricación. Adicionalmente, los procedimientos de fabricación por haz de electrones pueden ser más difíciles de utilizar con alambres de pared gruesa. Esto puede ser porque, a velocidades de la cadena de fabricación aceptables desde el punto de vista comercial, existe un potencial de penetración incompleta de haces de electrones a través de una capa o capas aislantes poliméricas densas. La penetración incompleta puede causar curado incompleto, que a su vez puede hacer que el alambre incumpla las especificaciones técnicas. Por ejemplo, el aislamiento de los alambres puede hincharse o agrietarse.

Adicionalmente, utilizar procedimientos de fabricación por haz de electrones para formar alambre muy flexible presenta desafíos. Esto puede ser porque, para bobinar alambre extrudido que aún no está curado (es decir, preproducto de alambre extrudido), la capa o capas aislantes deben ser suficientemente duras para evitar quedar deformes o deformadas. Generalmente, esto requiere que el preproducto de alambre extrudido tenga una dureza de aproximadamente 80 Shore A o superior. Después del curado, el polímero reticulado en el alambre hace que el alambre sea sustancialmente más duro que el preproducto de alambre extrudido. Como resultado, el alambre fabricado mediante procedimientos de fabricación por haz de electrones puede no alcanzar propiedades mecánicas relacionadas con la flexibilidad, deseadas para ciertas aplicaciones industriales. A modo de ejemplo no limitante, puede ser útil producir un alambre flexible que tenga un esfuerzo de tensado al límite elástico de menos de 9 MPa y un módulo de tensión a 200 MPa. No se esperaría que el alambre producido mediante procedimientos de fabricación por haz de electrones muestre dichas propiedades mecánicas.

Por consiguiente, existe una necesidad de procedimientos de fabricación y alambres mejorados. Se desean procedimientos eficientes y económicos que puedan producir alambres que cumplan o puedan cumplir las, cada vez más exigentes, especificaciones técnicas.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

Aunque las reivindicaciones no están limitadas a los ejemplos ilustrados, una apreciación de diversos aspectos se obtiene de la mejor manera mediante una exposición de diversos ejemplos de la misma. Con referencia ahora a los dibujos, se muestran en detalle ejemplos ilustrativos. Aunque los dibujos representan las ilustraciones ejemplares, los dibujos no son necesariamente a escala y ciertas características pueden exagerarse para ilustrar y explicar mejor un aspecto innovador de una realización. Además, los ejemplos específicos descritos en el presente documento no pretender ser exhaustivos o limitantes o restrictivos de otro modo, de la forma y configuración precisas mostradas en los dibujos y dadas a conocer en la siguiente descripción detallada. Se describen ilustraciones ejemplares en detalle haciendo referencia a los dibujos, de la siguiente manera:

La figura 1 ilustra un procedimiento ejemplar de fabricación de alambre.

La figura 2 muestra una sección transversal de un preproducto de alambre extrudido ejemplar.

La figura 3 muestra una sección transversal de un preproducto de alambre extrudido ejemplar en un baño de agente de curado.

La figura 4 relaciona gráficamente las condiciones de tiempo y temperatura de adición de un agente de curado a un preproducto de alambre extrudido ejemplar con un estado de curado de aislamiento reticulado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La referencia en la memoria descriptiva a “una ilustración ejemplar”, un “ejemplo” o lenguaje similar significa que un elemento, estructura o característica particular descrita en relación con el enfoque ejemplar se incluye, como mínimo, en una ilustración. Las apariciones de la frase “en una ilustración” o lenguaje de tipo similar en diversos lugares en la memoria descriptiva no se refieren todas necesariamente a la misma ilustración o ejemplo.

Con referencia a la figura 1, se representa un procedimiento ejemplar -10- para fabricar alambre. Generalmente, un núcleo conductor -15- se introduce en una extrusora -20-. Monómeros, oligómeros, polímeros y otros materiales de partida para formar un polímero o polímeros reticulables para una capa o capas aislantes se añaden a la extrusora -20-. No se añade ningún agente de curado a la extrusora -20-. La extrusora -20- extruye, a continuación, los materiales de partida para crear, como mínimo, una capa aislante alrededor del núcleo conductor -15-. El término

“alrededor”, tal como se utiliza en el presente documento, significa envolviendo de forma circunferencial, pero no necesariamente en contacto directo. La extrusora -20- genera un preproducto de alambre extrudido -25- que está sustancialmente libre de agente de curado. El preproducto de alambre extrudido -25- se hace pasar a continuación a través de un baño -30- que comprende agente de curado de modo que el agente de curado pueda impregnar, como

mínimo, una parte, como mínimo, de una capa aislante del preproducto de alambre extrudido -25-. Después de que el agente de curado se ha añadido al preproducto de alambre extrudido -25-, se produce el termocurado en la estación de termocurado -35-. De forma inesperada, el alambre termocurado resultante -40- presenta propiedades que se creían alcanzables solamente mediante procedimientos de fabricación por haz de electrones.

Núcleos conductores

“Núcleo conductor”, tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a, como mínimo, un material tal como un metal o un metaloide que tiene propiedades conductoras o semiconductoras para utilización en un alambre. Una amplia gama de núcleos conductores -15- pueden ser adecuados para utilización con los procedimientos y alambres dados a conocer en el presente documento. Es decir, el núcleo conductor -15- puede tener una gama de composiciones químicas, siempre que el núcleo conductor -15- conduzca la electricidad suficientemente para la aplicación. Los núcleos conductores -15- adecuados, por ejemplo, pueden incluir un metal que comprende, como mínimo, uno de cobre, alpaca, berilio, bronce fosforado, níquel, aluminio o acero. Adicionalmente, los metales pueden estar chapados con otro material que contiene metal. Por ejemplo, chapado con estaño, chapado con plata, chapado con oro, o chapado con níquel puede ser adecuado para utilización con los procedimientos y alambres dados a conocer en el presente documento. Materiales conductores ejemplares también pueden incluir aluminio revestido de cobre y acero revestido de cobre.

En aplicaciones en las que el núcleo conductor -15- es semiconductor, el núcleo conductor -15- puede incluir una gama de materiales semiconductores adecuados. Dichos materiales pueden incluir, sin limitación, silicio, grafito, germanio, antimonio y fosfuro-arseniuro de galio.

Los núcleos conductores -15- pueden estar configurados en cualquiera de una amplia gama de disposiciones. Por ejemplo, el núcleo conductor -15- puede ser macizo (es decir, comprender un único cordón de metal), o el núcleo conductor -15- puede estar trenzado. Cuando el núcleo conductor -15- está trenzado, puede utilizarse cualquier número de cordones. Por ejemplo, el número de cordones puede ser igual o superar 6, 19, 37, 50, 154, 494, 741 ó 1140 cordones. Los cordones pueden ser todos de la misma composición química, o diferentes cordones pueden tener diferentes composiciones químicas. Una amplia gama de configuraciones de cordones pueden ser adecuadas para la utilización con los procedimientos y alambres dados a conocer en el presente documento. Por ejemplo, los cordones pueden ser tejidos o no tejidos. Adicionalmente, el núcleo conductor -15- puede comprender capas de cordones unos sobre otros. La configuración de capas de cordones adyacentes puede ser la misma o diferentes entre sí, ya sean tejidos o no tejidos.

El núcleo conductor -15- puede tener un área de sección transversal de una amplia gama de tamaños. Por ejemplo, las áreas de sección transversal del núcleo conductor -15- pueden ser de tan solo aproximadamente 0,13, 0,22 ó 0,35 mm². Adicionalmente, las áreas de sección transversal del núcleo conductor -15- pueden ser de hasta o mayores de aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5 ó 6 mm².

El núcleo conductor -15- puede tener cualquier conjunto de propiedades deseadas para una aplicación particular. Por ejemplo, con respecto a propiedades eléctricas, la resistencia a la conducción de un núcleo conductor -15- puede ser de tan solo aproximadamente 0,1 mOhm/m a 20°C o de hasta aproximadamente 130 mOhm/m a 20°C. En otras palabras, las propiedades tales como propiedades eléctricas de núcleos conductores -15- no limitan los procedimientos y alambres dados a conocer en el presente documento.

Polímeros reticulables

“Polímeros reticulables”, tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a polímeros que tienen una estructura química tal que los polímeros son capaces de reticularse durante el curado, estando los polímeros sustancialmente libres de agente de curado. “Sustancialmente libre(s)”, tal como se utiliza en el presente documento, abarca la completa ausencia de agentes de curado, pero también permite que cantidades fortuitas y/o vestigiales de agentes de curado sean detectables en el polímero utilizando procedimientos analíticos químicos estándar. Dichas cantidades fortuitas y/o vestigiales de agentes de curado no deben comprender más de aproximadamente el 0,2% o más de aproximadamente el 1% en peso del polímero receptor.

Una amplia gama de polímero o polímeros reticulables puede ser adecuada para utilización con los procedimientos y alambres dados a conocer en el presente documento. Por lo tanto, los polímeros reticulables adecuados pueden incluir uno o más de poliolefinas reticulables sustituidas o sin sustituir tales como polietileno (incluyendo a modo de

ejemplo no limitante, uno o más de polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE)). Los polímeros reticulables adecuados también pueden incluir copolímeros de etileno-propileno (EPM), elastómeros de etileno-propileno-dieno (EPDM), cloruro de polivinilo (PVC), acetato de etilvinilo (EVA), y fluoropolímeros reticulantes. Los polímeros reticulables disponibles en el mercado adecuados pueden incluir HDPE PETROTHENE® de Lyondell, HDPE MARLEX® de Chevron Phillips Chemical Co., fluoropolímeros TEFLON® y TEFZEL® de Dupont, o fluoropolímeros KYNAR® y KYNAR FLEX® de Arkema. Los polímeros reticulables disponibles en el mercado adecuados también pueden incluir EVA ELVAX® de Dupont, EVM LEVAPRENE® de LANXESS, LDPE PETROTHENE® de Lyondell, LDPE BOREALIS® de Borealis AG, EPDM ROYALENE® de Lion Copolymer, caucho sintético NEOPRENE® de Dupont, caucho de hidrocarburo NORDEL IP® de The Dow Chemical Co., poliolefina ENGAGE® de The Dow Chemical Co., copolímero de alfaolefina TAFMER® de Mitsui Chemical, y resina de polietileno clorado TYRIN® de The Dow Chemical Co.

Uno o más polímeros reticulables pueden utilizarse en una única capa aislante o en múltiples capas aislantes. Si se utilizan múltiples capas aislantes, como mínimo una capa aislante de este tipo debe comprender un polímero reticulable. Sin embargo, se contempla que una o más capas aislantes puedan comprender polímeros no reticulables. Si se utilizan múltiples capas aislantes, las múltiples capas aislantes pueden estar formadas por una amplia gama de procedimientos de fabricación razonables desde el punto de vista comercial. Por ejemplo, las múltiples capas aislantes pueden coextrudirse, extrudirse en serie (denominada algunas veces extrusión en tándem), o extrudirse por separado y juntarse manualmente en cualquier momento en el procedimiento de fabricación antes de que los alambres se pongan a prueba y se envasen.

Las capas aislantes formadas a partir, como mínimo, de un polímero reticulable pueden tener cualesquiera dimensiones, individual o colectivamente. Por ejemplo, como mínimo pueden fabricarse alambres de pared gruesa, de pared fina, de pared ultrafina y de pared ultra ultrafina, según los procedimientos dados a conocer en el presente documento. Los grosores colectivos ejemplares de las capas aislantes sobre alambres ejemplares pueden variar entre aproximadamente 0,16 mm y aproximadamente 1,28 mm, y más allá.

Las capas aislantes pueden tener una amplia gama de propiedades deseadas para una aplicación particular. Por ejemplo, con respecto a propiedades eléctricas, una constante dieléctrica para una capa aislante puede ser de tan solo o menor de aproximadamente 1,2, y la constante dieléctrica puede ser de hasta o mayor de aproximadamente 7.

Las capas aislantes diferentes de las capas que comprenden polímero reticulante pueden comprender una amplia gama de materiales. Por ejemplo, se contempla que cintas, separadores, láminas, blindajes y trenzas fabricadas de una amplia sección transversal de materiales pueden incluirse como capas aislantes.

Materiales opcionales

Excepto por las problemáticas específicas de agentes de curado, tal como se describen en el presente documento, una amplia gama de ingredientes adicionales pueden colocarse en la extrusora -20- para ser extrudidos con el polímero o polímeros reticulables y otros materiales de partida. Dichos ingredientes pueden incluir, a modo de ejemplo no limitante, monómeros, oligómeros o polímeros para formar una o más capas aislantes de polímero termoplástico, retardantes a la llama, aditivos de procesamiento, antioxidantes, estabilizantes térmicos, elastómeros, cargas de refuerzo, antiozonantes, acelerantes, agentes de vulcanización, inhibidores de grietas, óxidos metálicos y pigmentos.

Agentes de curado

Con referencia a la figura 1, después de la extrusión, se añaden agentes de curado al preproducto de alambre extrudido -25-. Puede una amplia gama de agentes de curado puede utilizarse en relación con los procedimientos y el alambre dados a conocer en el presente documento. Por ejemplo, los agentes de curado pueden incluir uno o más peróxidos. Los peróxidos ejemplares pueden incluir peróxido de diacilo, peróxido de dialquilo, hidroperóxidos, peróxido de cetona, peróxido orgánico, peroxi(di)carbonato, peroxiéster y peroxiacetal. Los agentes de curado también pueden incluir, azufre, aminas y diaminas, o cualquier combinación de las mismas. Los agentes de curado disponibles en el mercado adecuados pueden incluir peróxidos DI-CUP®, LUPEROX LP®, LUPEROX 101®, LUPEROX 224®, VUL-CUP R® y VUL-CUP 40KE® de Arkema, peróxidos VAROX DCP®, VAROX VC-R®, VAROX DBPH® de Vanderbilt Co. Inc.

Opcionalmente pueden incluirse coagentes con uno o más agentes de curado. Puede utilizarse cualquier coagente adecuado. Los coagentes pueden incluir, por ejemplo, uno o más de acrilato o metacrilato difuncional o trifuncional, vinil butadieno, copolímeros de vinil butadieno-estireno. Opcionalmente pueden incluirse coagentes con los materiales de partida en la extrusora -20-.

La cantidad de agente de curado utilizada debe ser suficiente para causar suficiente reticulación del polímero o polímeros reticulables para otorgar las propiedades deseadas al aislamiento de alambre -40-. Demasiado poco

agente de curado puede causar reticulación insuficiente, generando de este modo alambres que no satisfacen las especificaciones técnicas. Problemas ejemplares asociados con curado o reticulación insuficientes pueden incluir hinchazón o agrietamiento del aislamiento del alambre durante la fabricación o la utilización.

A modo de ejemplo no limitante, para alambres que se utilizarán en la industria de la automoción, demasiado poco agente de curado puede hacer que un alambre -40- no pase una o más de las pruebas descritas en la norma de la International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización) (ISO) 6722 para cables de un solo núcleo de 60 V y 600 V para vehículos de carretera. Entre otras pruebas, los estándares ISO describen una prueba de presión a alta temperatura, pruebas de abrasión, pruebas de envejecimiento térmico y pruebas para resistencia a productos químicos.

Para la prueba de presión descrita en la Sección 7.1 de la norma ISO 6722, muestras de alambre son sometidas a una carga que se calcula en función del área de sección transversal del núcleo conductor del alambre (el diámetro externo del alambre menos el grosor nominal del aislamiento en el alambre), y calentadas durante 4 horas en un horno. La temperatura del horno depende de la clase del alambre que está siendo puesto a prueba. Por ejemplo, alambre calificado como de Clase A se calentaría a $85 \pm 2^\circ\text{C}$, mientras que alambre calificado de Clase B se calentaría a $100 \pm 2^\circ\text{C}$. Las muestras de alambre se sumergen a continuación en un baño de agua con sal durante 10 segundos, a continuación se someten a 1 kV durante 1 minuto. Si no se produce descomposición de las muestras de alambre, entonces las muestras de alambre pasan la prueba.

Hay dos pruebas de resistencia a la abrasión ejemplares descritas en la norma ISO 6722, una prueba de la aguja (Sección 9.3) y una prueba del papel de lija (Sección 9.2). Para la prueba de la aguja, una aguja que tiene un diámetro de aproximadamente $0,45 \pm 0,01$ mm puede seleccionarse para realizar abrasiones de aproximadamente $15,5 \pm 0,1$ mm de longitud a una frecuencia de aproximadamente 55 ± 5 ciclos por minuto. Una fuerza aplicada de $7 \text{ N} \pm 0 \text{ mm}^2$ se ejerce sobre los alambres de muestra. Los proveedores y OEM suplementan la norma ISO acordando cuántos ciclos de raspado abrasivo que un alambre que tiene un núcleo conductor de un área de sección transversal particular debe resistir mientras el aislamiento del alambre permanece intacto. Por ejemplo, los OEM pueden requerir a un proveedor que fabrique un alambre que tenga un núcleo conductor con un área de sección transversal de $1,5 \text{ mm}^2$ o mayor, y requerir que el aislamiento de dicho alambre permanezca intacto después, como mínimo, de 1500 ciclos de abrasión. De forma similar, los OEM pueden requerir a un proveedor que fabrique un alambre que tiene un núcleo conductor con un área de sección transversal de aproximadamente $0,22 \text{ mm}^2$ o menos, y requerir que el aislamiento de dicho alambre permanezca intacto después, como mínimo, de 150 ciclos de raspado abrasivo. Se contemplan otras especificaciones, tales como alambres que tengan un núcleo conductor con un área de sección transversal de aproximadamente $0,35 \text{ mm}^2$ o aproximadamente $0,5 \text{ mm}^2$, que son tamaños de alambre comunes. Para dichos alambres, las especificaciones técnicas pueden requerir que el aislamiento soporte, como mínimo, 200 ó 300 ciclos de raspado abrasivo, respectivamente.

Para la prueba del papel de lija de la norma ISO 6722, papel de lija de granate 150J se aplica a alambres de muestra a una velocidad de 100 ± 75 mm/min con una fuerza aplicada, como mínimo, de 0,63 N. Dependiendo del área de sección transversal del núcleo conductor, una masa adicional de una magnitud preseleccionada se añade al aparato para aplicar fuerza adicional sobre los alambres de muestra. El papel de lija es arrastrado por el alambre hasta que, como mínimo, parte del núcleo conductor queda expuesto. La longitud del papel de lija requerida para dejar expuesto el núcleo conductor se registra como la medida de resistencia a la abrasión por papel de lija. La norma ISO 6722 incrementa la longitud de papel de lija requerida para pasar la prueba con el área de sección transversal del núcleo conductor de los alambres de muestra. Por ejemplo, un alambre de pared fina de 60 V para alambres de calibre más pequeño requeriría pruebas con una masa adicional de 100 g, y la longitud del papel de lija que realiza la abrasión sobre el alambre de muestra sin dejar expuesto el núcleo conductor sería de 200 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $0,13 \text{ mm}^2$, 224 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $0,22 \text{ mm}^2$, y 250 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $0,35 \text{ mm}^2$. Por comparación, un cable de pared fina de 60 V para alambres de calibre más grande requeriría pruebas con una masa adicional de 200 g, y la longitud de papel de lija que realiza la abrasión sobre el alambre de muestra sin dejar expuesto el núcleo conductor sería de 300 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $0,5 \text{ mm}^2$, 450 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $1,5 \text{ mm}^2$, y 500 mm de longitud para un núcleo conductor que tiene un área de sección transversal de $2,0 \text{ mm}^2$.

Las pruebas de envejecimiento térmico se describen en la Sección 10 de la norma ISO 6722. Por ejemplo, para envejecimiento a largo plazo, se colocan alambres de muestra en un horno durante 3000 horas. La temperatura depende de la calificación de clase de los alambres de muestra. Por ejemplo, alambre de clase C se calienta a $125 \pm 2^\circ\text{C}$ y alambre de clase D se calienta a $150 \pm 2^\circ\text{C}$. Esto simula el envejecimiento. Después del envejecimiento simulado, los alambres de muestra se enfrían a temperatura ambiente durante, como mínimo, aproximadamente 16 horas, a continuación, los alambres se enrollan en un bobinado. Si cualquiera del núcleo conductor queda expuesto en el bobinado (es decir, si el aislamiento se agrieta), entonces el alambre de muestra no pasa la prueba. Si no, el alambre de muestra se sumerge en un baño de agua con sal durante 10 minutos, a continuación se somete a 1 kV durante 1 minuto. Si no se produce la descomposición de los alambres de muestra, entonces los alambres de muestra pasan la prueba.

Las pruebas de resistencia a productos químicos se describen en la Sección 11 de la norma ISO 6722. Por ejemplo, para resistencia al agua caliente, alambres de muestra enrollados muy cercanos de una longitud especificada se sumergen en un baño de agua con sal a $185 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 7 días, lo que completa un ciclo. Después de cinco ciclos, los alambres de muestra se enfrían, se inspeccionan visualmente, a continuación se someten a 1 kV durante 1 minuto. Si no se produce agrietamiento en el aislamiento, los alambres de muestra pasan la inspección visual. Si no se produce descomposición de los alambres de muestra, entonces los alambres de muestra pasan la prueba.

De forma inesperada, los alambres -40- fabricados mediante los procedimientos dados a conocer en el presente documento pasaron la batería de pruebas dadas a conocer en la norma ISO 6722 con aislamiento reticulado de los alambres -40- que tienen un estado de curado de tan solo el 50%. Generalmente, para pasar una batería de pruebas tales como las descritas anteriormente y detalladas en la norma ISO 6722, debe asociarse suficiente agente de curado con el polímero o polímeros reticulables para garantizar un estado de curado, como mínimo, de aproximadamente el 50% de los polímeros reticulables aislantes en el alambre -40-. Puede haber casos en los que las especificaciones técnicas pueden satisfacerse con un estado de curado aún más bajo. Adicionalmente, puede haber casos en los que se desea un estado de curado, como mínimo, de aproximadamente el 75% para satisfacer especificaciones técnicas particulares. En el extremo inferior, agentes de curado pueden comprender aproximadamente el 0,25% en peso del polímero o polímeros reticulables en el alambre -40-, pero los porcentajes en peso pueden ser de aproximadamente el 0,5%, aproximadamente el 1,0%, el 2,0% o aproximadamente el 3,5% de los materiales de partida reticulables totales. Dependiendo de la aplicación particular para el alambre -40- y las especificaciones técnicas impuestas al alambre -40- a fabricar, puede añadirse menos o más agente de curado de los intervalos específicos indicados como ejemplo en el presente documento.

Procedimientos de fabricación

El procedimiento ejemplar representado en la figura 1 no está limitado generalmente por el tipo de extrusora -20- que se utiliza. De hecho, cualquier extrusora -20- capaz de extrudir, como mínimo, un polímero reticuable alrededor de, como mínimo, un núcleo conductor -15- puede utilizarse en relación con los alambres y procedimientos dados a conocer en el presente documento. La extrusora -20- puede adaptarse para recibir, como mínimo, un núcleo conductor -15- de una amplia gama de fuentes de alimentación. La extrusora -20- puede incluir una tolva para añadir uno o más materiales para crear, como mínimo, una capa aislante que comprende un polímero reticuable extrudido alrededor del núcleo conductor -15-. Extrusoras -20- ejemplares nuevas y utilizadas están disponibles en el mercado de muchas fuentes, incluyendo aunque sin limitarse a las mismas, Davis Standard o Progressive Machinery, Inc.

Dado que no se añaden agentes de curado a la extrusora -20-, las temperaturas de extrusión no están limitadas a aquellas por debajo de una temperatura de curado para una combinación particular de polímero reticuable y agente de curado. "Temperatura de extrusión", tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a la temperatura a la que las resinas en la extrusora -20- salen de la extrusora -20- a través de una boquilla. Se pueden seguir utilizando temperaturas de extrusión por debajo de las temperaturas de curado, pero temperaturas de extrusión superiores pueden ser útiles para, por ejemplo, incrementar velocidades de la cadena de fabricación. A modo de ejemplo no limitante, las temperaturas de extrusión pueden ser de hasta o mayores de aproximadamente 125°C , aproximadamente 200°C o aproximadamente 300°C .

Con referencia a la figura 1, la extrusora -20- extruye uno o más polímeros reticulables alrededor de un núcleo conductor 15, generando un preproducto de alambre extrudido -25- que está sustancialmente libre de agentes de curado. Con referencia a la figura 2, se muestra un preproducto de alambre extrudido ejemplar -25-. En la figura 2, una única capa de un polímero reticuable -17- se extruye alrededor del núcleo conductor -15- y en contacto directo con el mismo. Se contempla que capas aislantes adicionales puedan estar incluidas dentro del preproducto de alambre extrudido -25-. Por ejemplo, en la figura 3, se muestra una sección transversal de otro preproducto de alambre extrudido ejemplar -25-. En el ejemplo de la figura 3, el preproducto de alambre extrudido -25- tiene un núcleo conductor -15- en contacto directo con una capa aislante -16-, que está en contacto con otra capa aislante -17-. Como mínimo, la capa aislante -17- comprende uno o más polímeros reticulables extrudidos. La capa aislante -16- puede comprender uno o más polímeros reticulables extrudidos, pero también puede comprender polímeros termoplásticos que no se reticularán u otros materiales aislantes.

Después de la extrusión del preproducto de alambre extrudido -25-, deben añadirse uno o más agentes de curado al preproducto de alambre extrudido -25-. Una manera ejemplar de añadir el agente de curado al preproducto de alambre extrudido -25- es arrastrar el preproducto de alambre extrudido -25- a través de un baño -30- que comprende un agente de curado líquido. Con referencia a la figura 3, se muestra un baño -30- que comprende un agente de curado con el preproducto de alambre extrudido -25- en su interior.

El baño -30- puede incluir agentes de curado puros o diluidos y puede incluir coagentes. La temperatura del baño -30- debe ser suficientemente alta para hacer líquido al agente de curado, de modo que el preproducto de alambre extrudido -25- pueda ser arrastrado a su través. La temperatura del baño -30- puede elevarse más para incrementar la velocidad a la que el agente de curado es impregnado o absorbido al interior, como mínimo, de una capa aislante que contiene polímero reticuable del preproducto de alambre extrudido -25-. Dicho incremento de temperatura

puede incrementar las velocidades de la cadena de fabricación.

La temperatura del baño puede gestionarse utilizando una amplia gama de procedimientos. Un procedimiento ejemplar implica sumergir el baño -30- en un baño secundario -31- de otro material tal como agua. La temperatura del baño -30- y el baño secundario -31- puede variar en el extremo inferior entre aproximadamente 40°C, 50°C o 55°C, y puede variar en el extremo superior de aproximadamente 70°C, 80°C o 95°C cuando el material secundario es agua. Diferentes materiales utilizados como agentes de curado y/o polímeros reticulables pueden requerir temperaturas que sean menores o mayores que los intervalos ejemplificados específicos. Otros procedimientos ejemplares de gestión de la temperatura incluyen la utilización de superficies calentadas y lámparas calefactoras.

El periodo de tiempo en que el preproducto de alambre extrudido -25- es arrastrado a través del baño -30- depende de los materiales utilizados y las especificaciones técnicas impuestas al alambre resultante -40-. El periodo de tiempo y la temperatura del baño deben ser suficientes para que suficiente agente de curado se impregne, como mínimo, en una parte de una capa aislante que contiene polímero reticulable del preproducto de alambre extrudido -25- para otorgar las propiedades técnicas deseadas al aislamiento del alambre resultante -40- después del termocurado. Si la temperatura del baño -30- es relativamente alta, entonces el tiempo requerido para que suficiente agente de curado se impregne en el preproducto de alambre extrudido -25- será relativamente más corto. Si la temperatura del baño -30- es relativamente baja, entonces el tiempo requerido para que suficiente agente de curado se impregne en el preproducto de alambre extrudido -25- será relativamente más largo.

Se contemplan procedimientos adicionales de adición de agente de curado al preproducto de alambre extrudido -25-. Por ejemplo, puede pulverizarse agente de curado sobre preproducto de alambre extrudido -25- a una temperatura y durante un tiempo suficientes para que suficiente agente de curado se impregne, como mínimo, en una parte de una capa aislante que contiene polímero reticulable del preproducto de alambre extrudido -25- para otorgar las propiedades técnicas deseadas al aislamiento del alambre resultante -40- después del termocurado.

Después de que al preproducto de alambre extrudido -25- se le ha añadido agente de curado, puede producirse el termocurado en la estación de termocurado -35-. Pueden utilizarse una amplia gama de equipos y procedimientos de termocurado. Dicho equipo puede incluir el equipo tubular de curado con vapor de Davis Standard. Aunque las fuentes descritas de calor hasta ahora incluyen aplicación externa de calor, también se contemplan fuentes internas de calor. Las fuentes internas de calor pueden incluir, por ejemplo, una reacción exotérmica en los materiales utilizados para formar el alambre resultante -40-.

El tiempo y la temperatura de termocurado deben ser suficientes para causar suficiente reticulación para que el aislamiento del alambre resultante -40- cumpla las especificaciones técnicas. Para muchas especificaciones técnicas, un estado de curado al 50% es suficiente. Velocidades de la cadena de fabricación más rápidas son generalmente más deseables que velocidades de la cadena de fabricación más lentas. Los periodos de curado típicos pueden variar en cualquier punto entre aproximadamente 30 segundos y aproximadamente 2 minutos y de aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 10 minutos. Utilizando los procedimientos dados a conocer en el presente documento, las temperaturas de curado pueden ser tan bajas como las temperaturas de extrusión, y pueden ser tan altas como sea necesario para conseguir suficiente reticulación, tal como se ha descrito anteriormente. Las temperaturas de curado típicas pueden ser de tan solo aproximadamente 130°C o aproximadamente 140°C, y pueden ser de hasta aproximadamente 170°C, aproximadamente 180°C o aproximadamente 200°C. La utilización de diferentes materiales y las exigencias de diferentes especificaciones técnicas pueden hacer que los tiempos de curado y las temperaturas de curado sean mayores o menores que los intervalos específicos dados a conocer en el presente documento.

Cualquier velocidad de la cadena de fabricación razonable desde el punto de vista comercial puede seleccionarse para utilización en el presente documento. Las velocidades de la cadena típicas pueden ser de aproximadamente 300 m/min a aproximadamente 1250 m/min. De forma inesperada, cuando las velocidades de la cadena de fabricación fueron de hasta aproximadamente 900 m/min o mayores, y el grado de reticulación en la capa aislante fue menor del 75%, los alambres resultantes -40- fabricados mediante los procedimientos dados a conocer en el presente documento eran excepcionalmente resistentes a la abrasión por raspado y pasaban las pruebas descritas en la norma ISO 6722 descrita anteriormente.

Ejemplo 1

Se introdujo alambre de cobre en una extrusora Brabender, y se añadió HDPE PETROTHENE® a la tolva. La resina polimérica se extruyó alrededor del alambre a $190 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 30 minutos. Una primera serie de muestras se hicieron pasar a través de un baño de peróxido VULCUP R® líquido sin diluir mantenido a $55 \pm 5^\circ\text{C}$ durante diversos intervalos de tiempo. Una segunda serie de muestras se hicieron pasar a través de un baño de peróxido VULCUP R® líquido sin diluir mantenido a $80 \pm 5^\circ\text{C}$ durante diversos intervalos de tiempo. Los preproductos de alambre se curaron con vapor a continuación a $200 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 10 minutos. Las muestras para la primera serie y la segunda serie se pusieron a prueba para determinar el estado de curado utilizando la extracción con disolvente según la norma ASTM D2765. De forma inesperada en todas las muestras en la primera serie, un tiempo de remojo en el baño de peróxido de aproximadamente cinco minutos producía alambres resultantes que tenían un estado de curado

del 75%. En la primera serie, la muestra 1-1 emergía de un baño de 56°C y alcanzaba un estado de curado del 80,7%. La muestra 1-2 emergía de un baño de 55°C y alcanzaba un estado de curado del 79,9%. La muestra 1-3 emergía de un baño de 53°C y alcanzaba un estado de curado del 85,5%. De forma inesperada en todas las muestras en la segunda serie, un tiempo de remojo en el baño de peróxido de menos de un minuto producía alambres resultantes que tenían un estado de curado del 75%. En la primera serie, la muestra 2-1 emergía de un baño de 78°C y alcanzaba un estado de curado del 77,0%. La muestra 2-2 emergía de un baño de 78°C y alcanzaba un estado de curado del 87,2%. La muestra 2-3 emergía de un baño de 78°C y alcanzaba un estado de curado del 88,7%. Los resultados se representan gráficamente en la figura 4.

Ejemplo 2

Se introdujo alambre de cobre en una extrusora Brabender, y se añadió elastómero de poliolefina DOW ENGAGE® a la tolva. La resina polimérica se extruyó alrededor del alambre a $130 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 30 minutos. Una primera serie de muestras se hicieron pasar a través de un baño de peróxido VULCUP R® líquido sin diluir mantenido a $55 \pm 5^\circ\text{C}$ durante diversos intervalos de tiempo. Una segunda serie de muestras se hicieron pasar a través de un baño de peróxido VULCUP R® líquido sin diluir mantenido a $80 \pm 5^\circ\text{C}$ durante diversos intervalos de tiempo. Los preproductos de alambre se curaron con vapor a continuación a $200 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 10 minutos. Las muestras para la primera serie y la segunda serie se pusieron a prueba para determinar el estado de curado utilizando extracción con disolvente según la norma ASTM D2765. De forma inesperada en todas las muestras en la primera serie, un tiempo de remojo en el baño de peróxido de aproximadamente cinco minutos producía alambres resultantes que tenían un estado de curado del 75%. En la primera serie, la muestra 1-1 emergía de un baño de 56°C y alcanzaba un estado de curado del 75,6%. La muestra 1-2 emergía de un baño de 55°C y alcanzaba un estado de curado del 78,7%. La muestra 1-3 emergía de un baño de 55°C y alcanzaba un estado de curado del 78,6%. De forma inesperada en todas las muestras en la segunda serie, un tiempo de remojo en el baño de peróxido de menos de un minuto producía alambres resultantes que tenían un estado de curado del 75%. En la primera serie, la muestra 2-1 emergía de un baño de 78°C y alcanzaba un estado de curado del 81,3%. La muestra 2-2 emergía de un baño de 78°C y alcanzaba un estado de curado del 79,9%. La muestra 2-3 emergía de un baño de 79°C y alcanzaba un estado de curado del 79,6%. La muestra 2-4 emergía de un baño de 80°C y alcanzaba un estado de curado del 79,3%.

Ejemplo 3

Se introdujo alambre de cobre en una extrusora Brabender, y se añadió HDPE PETROTHENE® a la tolva. El alambre introducido tenía un área de sección transversal de aproximadamente $0,5 \text{ mm}^2$. La resina polimérica se extruyó alrededor del alambre a $190 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 30 minutos y se hizo pasar a través de un baño de peróxido VULCUP R® líquido sin diluir mantenido a $80 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 1 minuto. Los preproductos de alambre se curaron con vapor a continuación a $200 \pm 5^\circ\text{C}$ durante intervalos de tiempo que variaban entre 1 minuto y 30 minutos. Cada una de las muestras se puso a prueba para abrasión por raspado con una aguja que tenía un diámetro de $0,45 \pm 0,01 \text{ mm}$. De forma inesperada en todas las muestras, la resina polimérica curada permanecía intacta después de más de 300 ciclos de raspado abrasivo.

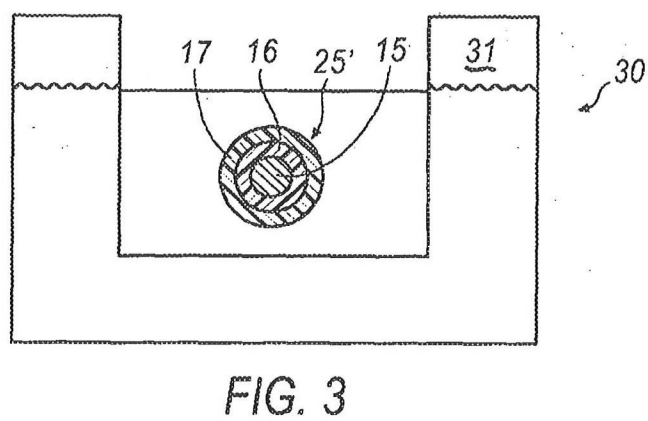
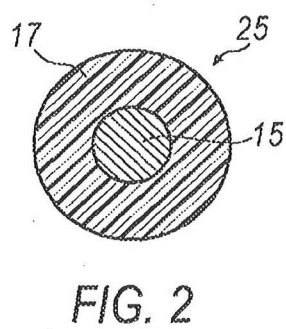
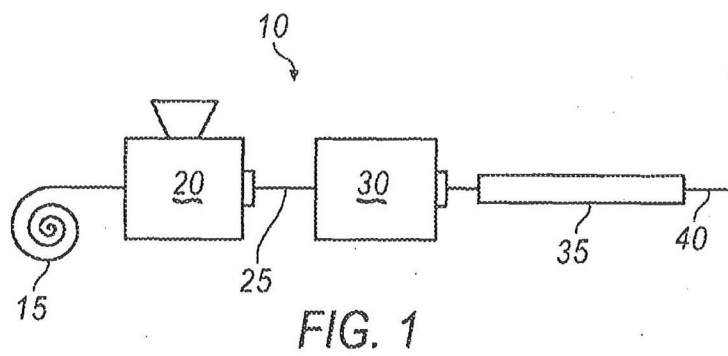
Con respecto a los procesos, sistemas, procedimientos, heurística, etc., descritos en el presente documento, debe entenderse que, aunque se ha descrito que las etapas de dichos procesos, etc., se producen según cierta secuencia ordenada, dichos procesos podrían ponerse en práctica con las etapas descritas realizadas en un orden diferente al orden descrito en el presente documento. Debe entenderse, además, que ciertas etapas podrían realizarse simultáneamente, que otras etapas podrían añadirse, o que ciertas etapas descritas en el presente documento podrían omitirse. En otras palabras, las descripciones de procesos en el presente documento se proporcionan con el fin de ilustrar ciertas realizaciones, y no debe interpretarse de ninguna manera que limitan la invención reivindicada.

Por consiguiente, debe entenderse que la descripción anterior pretende ser ilustrativa y no restrictiva. Muchas realizaciones y aplicaciones diferentes de los ejemplos proporcionados serían en el momento de la lectura de la descripción anterior. El alcance de la presente invención debería determinarse, no con referencia a la descripción anterior, sino que debería, en su lugar, determinarse con referencia a las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance completo de equivalentes a los que dan derecho dichas reivindicaciones. Se prevé y se pretende que se produzcan futuros desarrollos en las técnicas expuestas en el presente documento, y que los sistemas y procedimientos dados a conocer se incorporen en dichas realizaciones futuras. En suma, debe entenderse que la presente invención es capaz de modificación y variación y está limitada solamente por las siguientes reivindicaciones.

Se pretende que a todos los términos utilizados en las reivindicaciones se les dé sus construcciones razonables más amplias y sus significados ordinarios tal como los entienden los expertos en la materia a menos que en el presente documento se realice una indicación explícita de lo contrario. En particular, se debe leer que la utilización de los artículos singulares tales como "un", "el", "dicho", etc., enumera uno o más de los elementos indicados a menos que una reivindicación relate una limitación explícita a lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un alambre (40), que comprende:
extrudir un polímero reticulable, sustancialmente libre de agente de curado, alrededor de un núcleo conductor (15)
5 para formar un preproducto de alambre extrudido (25, 25');
añadir un agente de curado al preproducto de alambre extrudido; y
termocurar el preproducto de alambre extrudido.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el núcleo conductor (15) comprende, como mínimo, uno de
10 cobre macizo o trenzado, alpaca, berilio, bronce fosforado, níquel, aluminio revestido de cobre, acero revestido de
cobre, aluminio y acero.
3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el núcleo conductor (15) comprende un material
15 semiconductor.
4. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que extrudir el polímero reticulable comprende disponer el
polímero reticulable en contacto directo con el núcleo conductor (15).
5. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que extrudir el polímero reticulable comprende calentar el polímero
20 reticulable a una temperatura, como mínimo, de aproximadamente 125°C.
6. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que añadir el agente de curado comprende impregnar el
preproducto de alambre extrudido (25, 25') en un baño (30) que contiene agente de curado durante un periodo y a
25 una temperatura suficientes para que el agente de curado se disperse, como mínimo, en una parte del polímero
reticulable.
7. Procedimiento, según la reivindicación 6, en el que la temperatura del baño (30) es, como mínimo,
aproximadamente 40°C.
8. Procedimiento, según la reivindicación 6, en el que el tiempo suficiente es, como mínimo, aproximadamente 20
30 segundos.
9. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el agente de curado comprende un peróxido.
10. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el núcleo conductor (15) tiene un área de sección transversal,
como mínimo, de aproximadamente 1,5 mm² y en el que termocurar comprende someter al preproducto de alambre
35 extrudido (25, 25') a una temperatura elevada durante un tiempo suficiente para formar un alambre (40) que incluye
un aislamiento capaz de permanecer intacto después, como mínimo, de 1500 ciclos de raspado abrasivo con una
aguja que tiene un diámetro de aproximadamente 0,45 ± 0,01 mm.
11. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el núcleo conductor (15) tiene un área de sección transversal
40 de no más de 0,22 mm² y en el que termocurar comprende someter al preproducto de alambre multicapa (25, 25') a
una temperatura elevada durante un tiempo suficiente para formar un alambre (40) que incluye un aislamiento capaz
de permanecer intacto después, como mínimo, de 150 ciclos de raspado abrasivo con una aguja que tiene un
45 diámetro de aproximadamente 0,45 ± 0,01 mm.
12. Procedimiento, según la reivindicación 11, en el que la temperatura elevada es, como mínimo, aproximadamente
125°C y el tiempo suficiente es, como mínimo, aproximadamente 30 segundos.
13. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el núcleo conductor (15) tiene un área de sección transversal
50 de 0,35 mm² y aproximadamente 0,5 mm² y en el que termocurar comprende someter al preproducto de alambre
extrudido (25, 25') a una temperatura elevada durante un tiempo suficiente para formar un alambre (40) que incluye
un aislamiento capaz de permanecer intacto después de un raspado abrasivo con un papel de lija de granate 150J
55 con una longitud de aproximadamente 250 mm que se ejerce con una fuerza aplicada, como mínimo, de
aproximadamente 0,63N.



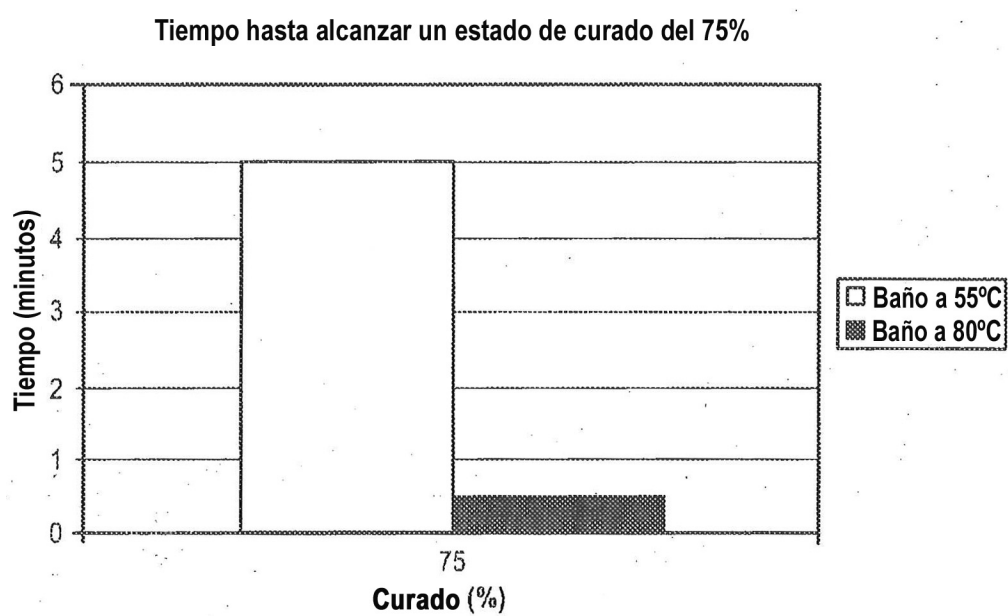


FIG. 4